PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 1 u. 2. 1. October 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

Vorwort von E. Riecke. S. 1.

Originalmitteilungen.

C. Barus, Die Einwirkung des Wassers auf heisses Glas. S. 3.

K. Schaum, Über Bewegungserscheinungen sich auflösender Krystalle. S. 5.

R. Wachsmuth und K. Bergwitz, Eine Kapazitätsbestimmung mit Hilfe der elektrischen Doppelbrechung. S. 7.

C. Heinke, Über Wellenströme. S. 8.

E. Riecke, Zur Dynamik der Serienschwingungen eines Linienspektrums. S. 10.

W. Wien, Über die bei der elektrischen Entladung entwickelte Wärme. S. 10.

J. Elster und H. Geitel, Über einen Apparat zur Messung der Elektricitätszerstreuung in der Luft. S. 11.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute von Amsterdam (Direktor J. D. van der Waals):

No. 1. N. J. van der Lee, Der Einfluss von Druck auf die kritische Mischungstemperatur. S. 14.

A. Heydweiller, Beobachtungen über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen. S. 15.

F. Giesel, Über Radium und Polonium. S. 16.

R. Abegg und E. Bose, Über die Beeinflussung der Diffusionsgeschwindigkeit von Elektrolyten durch gleichionige Zusätze. S. 17.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli):

No. 1. A. Battelli und L. Magri, Über die Anoden- und Kathodenstrahlen. S. 18.

J. J. Thomson, Über die Masse der Träger der negativen Elektrisierung in Gasen von niederen Drucken. S. 20.

Vorträge etc.

W. Kaufmann, Über Ionenwanderung in Gasen. S. 22.

Referate, Besprechungen. S. 26—35.

Briefkasten, Personalien. S. 35.

Vorlesungsverzeichnisse. S. 35—38.

VORWORT.

Von Eduard Riecke.

Wenn wir hiermit die erste Nummer einer neuen physikalischen Zeitschrift in die Welt hinausgehen lassen, so ziemt es sich, ihr einige begleitende Worte mit auf den Weg zu geben, aus denen unsere Fachgenossen und alle, die sich für die Ergebnisse physikalischer Forschung interessieren, ersehen, welche Absichten wir mit dem neuen Unternehmen verfolgen.

Seit einem Jahrhundert ist die Geschichte der Physik in Deutschland aufs innigste verbunden mit den Annalen der Physik und Chemie, welche seit 1799 von Gilbert, seit 1824 von Poggendorff herausgegeben wurden, und welche vor nicht langer Zeit in Gustav Wiedemann ihren dritten Herausgeber verloren haben; zweiundzwanzig Jahre hindurch hatte er den Annalen seine bewährte Kraft gewidmet, seit 1893 im Verein mit dem Sohne, der nun die Redaktion allein übernommen und getreu den alten Traditionen weiter geführt hat. Eine Zersplitterung der Dokumente unserer wissenschaftlichen Arbeit, wie sie mehrfach drohte, ist zum unberechenbaren Nutzen für unsere wissenschaftliche Entwickelung immer wieder vermieden worden. Beschränkungen freilich erfuhr das Gebiet, welches die Annalen umfassten, durch die natürliche Entwickelung, welche erst für die Schwesterwissenschaft der Chemie, dann auch für das Zwischengebiet der Physik und der Chemie eigene Organe erstehen liess. Aber für das engere Gebiet der reinen Physik haben wir immer den grossen Vorteil bewahrt, der auf der Konzentration des wissenschaftlichen Materials an einer einzigen Stelle beruht. **Nichts liegt uns ferner, als in diese glückliche Entwickelung mit störender Hand eingreifen zu wollen. Nur ergänzend soll unsere Zeitschrift zu dem bestehenden Systeme der wissenschaftlichen Publikationen hinzutreten,** und eine solche Ergänzung suchen wir in den im folgenden aufgezählten Punkten:

1. Den Abhandlungen in den Annalen der Physik und Chemie, den Dokumenten, in welchen die Resultate einer zu einem gewissen Abschluss gelangten Untersuchung ausführlich und endgültig niedergelegt werden, gehen häufig Mitteilungen in Gesellschaftsschriften der verschiedensten Art voraus. Diese Schriften sind im ganzen wenig verbreitet und oft nicht leicht zugänglich. So kann es kommen, dass Mitteilungen, die an so vielen Orten zerstreut sind, übersehen werden, dass wichtige Beobachtungen

und Entdeckungen verhältnismässig spät zu allgemeinerer und genauerer Kenntnis kommen. Es scheint daher nützlich, ein regelmässig, in verhältnismässig kurzen Zeiträumen erscheinendes Blatt zu haben, um hier von dem wesentlichen Inhalt einer neuen Beobachtung, von dem Grundgedanken einer neuen Methode, einer neuen theoretischen Entwickelung eine kurze Mitteilung zu machen, welche rasch in der wissenschaftlichen Welt verbreitet wird. Jene Gesellschaftsschriften werden dadurch an ihrem Werte und an ihrer Bedeutung nichts verlieren, denn Originalarbeiten von grösserem Umfange sollen von unserer Zeitschrift ausgeschlossen sein. Was wir wünschen, sind kurze Referate der Autoren über Arbeiten, welche in ausführlicher Form an anderen Stellen veröffentlicht werden sollen, Referate von der Art, wie sie in den Comptes Rendus gegeben werden. Wir nehmen an, dass der Umfang dieser Referate im allgemeinen zwei Spalten nicht übersteigen wird.

Wir hoffen, dass auch die Physiker des Auslandes uns durch Mitteilungen über ihre Arbeiten unterstützen werden; mehreren derselben sind wir für die bereitwillige Zusicherung einer solchen Unterstützung, für die Einsendung von Mitteilungen schon zu der ersten Nummer der Zeitschrift zu lebhaftem Danke verpflichtet. Wir hoffen, dass unsere Zeitschrift so dazu beitragen wird, immer regere Beziehungen zwischen der Physik in Deutschland und zwischen den physikalischen Errungenschaften des Auslandes herbeizuführen. In den alten Bänden unserer Annalen der Physik füllen Übersetzungen der klassischen Arbeiten von Arago, Brewster, Faraday, Fresnel, Melloni, Reignault, Stokes viele Seiten. Bei der ausserordentlichen Steigerung, welche die wissenschaftliche Produktion in den Grenzen Deutschlands selber seit jener Zeit erfahren hat, ist eine Aufnahme fremder Arbeiten in dieser Weise nicht mehr möglich. Um so willkommener werden Originalmitteilungen ausländischer Physiker in einer deutschen Zeitschrift sein; denn ein von anderer Hand verfasstes Referat wird nie den Wert einer originalen Mitteilung besitzen, abgesehen davon, dass Referate der Natur der Sache nach immer erst nach Verlauf einer gewissen Zeit erscheinen können.

2. Als eine weitere Aufgabe unserer Zeitschrift betrachten wir die Sammlung zusammenfassender Darstellungen specieller Gebiete, wie sie bei besonderen Veranlassungen nicht selten gegeben werden. Wir denken dabei an Vorträge in wissenschaftlichen Vereinen, an Probevorlesungen bei Habilitationen, an Antrittsvorlesungen, an Vorträge bei Lehrerkursen u. dgl. Derartige Darstellungen verdienen in vielen Fällen in hohem Masse eine Weiterverbreitung durch den Druck, sie gehen aber verloren, weil es an der geeigneten Stelle zu ihrer Veröffentlichung fehlt. Wir werden ausserdem je nach Bedürfnis zusammenfassende Darstellungen eigens zur Veröffentlichung in unserer Zeitschrift veranlassen, um den Kreis unserer Leser über Gebiete zu orientieren, denen die Aufmerksamkeit und die Thätigkeit der Physiker jeweils in besonderem Masse zugewandt ist.

3. Bei dem stetigen Anwachsen der wissenschaftlichen Litteratur ist es für den Physiker schon auf dem eigenen Gebiete schwierig, dem unaufhaltsamen Fortschritt und der steten Wandlung der Wissenschaft zu folgen, vollends unmöglich ist dies auf den Nachbargebieten der Physik. Und doch droht dadurch dem einzelnen, wie der Wissenschaft die Gefahr, die Fühlung mit Gebieten zu verlieren, denen reiche und mannigfaltige Quellen der Anregung und Förderung auch für das eigene Gebiet der Physik entspringen. Hier wünschen wir helfend und bessernd einzutreten durch Referate, welche den Leser über physikalisch bedeutsame Ergebnisse auf den Nachbargebieten der Physik in zusammenhängender Weise orientieren. Die Referate sollen sich zunächst erstrecken über: Mathematische Methoden von physikalischer Bedeutung, Theoretische Mechanik, Technische Mechanik und Maschinenlehre, Elektrotechnik, Instrumentenkunde, Geophysik und Astrophysik, Allgemeine Chemie (Physikalische Chemie und Mineralchemie), Wissenschaftliche Photographie, Biophysik. Eine Reihe von unseren Kollegen, mit denen wir uns in unseren Bestrebungen aufs engste verbunden fühlen, haben ihr thatkräftiges Inter-

esse für unser Unternehmen dadurch bewiesen, dass sie die ständige Sorge für Referate aus diesen Gebieten in bereitwilligster Weise übernommen haben.

4. Für Anzeige und kritische Besprechung von neu erscheinenden selbständigen Publikationen, physikalischen Monographien, Vorlesungen, Kompendien, Lehrbüchern, soweit sie von allgemeiner wissenschaftlicher Bedeutung sind, soll in der Zeitschrift Raum gewährt werden.

5. Wir wollen ferner eine Rubrik eröffnen, in welcher Mitteilungen über Institutseinrichtungen, praktische Winke für Vorlesungsversuche, für physikalische Übungen, für Laboratorium und Werkstatt, Rezepte u. dgl. ihre Stelle finden; hier sollen auch eingesandte Fragen beantwortet, Stellen-Gesuche und -Angebote bekannt gemacht werden.

6. Anhangsweise sollen in der Zeitschrift auch Nachrichten nicht wissenschaftlichen Charakters von Hochschulen und Instituten veröffentlicht werden: Berufungen, Auszeichnungen; ferner Zusammenstellungen der Vorlesungen von Universitäten und technischen Hochschulen, soweit sie von physikalischem Interesse sind.

Die Übersicht, die wir hiermit über den Inhalt der neuen Zeitschrift gegeben haben, zeigt, dass sie sich nicht bloss an den engeren Kreis der Physiker von Fach wendet; sie soll vor allem in den Mitteilungen der zweiten und dritten Gruppe allen etwas bieten, welche wissenschaftliches Interesse an den Fortschritten und Entdeckungen der Physik besitzen, welche lehrend oder lernend mit ihr beschäftigt, auf verwandten Gebieten im Dienste der theoretischen Forschung oder der praktischen Anwendung thätig sind.

Es versteht sich von selbst, dass wir das Vorstehende nicht als ein starres und unabänderliches Programm betrachten; nur der Grundcharakter unseres Unternehmens soll dadurch festgelegt werden. Im übrigen werden wir stets bestrebt sein, von der Erfahrung zu lernen, Wünschen, die uns von anderer Seite entgegen gebracht werden, Rechnung zu tragen.

Inwieweit die Ziele, die uns vor Augen schweben, erreicht werden, ob unser Unternehmen Wurzel schlagen und weiter wachsen wird, das hängt ja nur zum kleinsten Teile von uns ab, die wir zunächst verpflichtet sind, für den jungen Baum zu sorgen. Es hängt viel mehr von der Aufnahme ab, welche die neue Zeitschrift in den Kreisen unserer Fachgenossen findet, von der Unterstützung, welche sie uns zu teil werden lassen. Die neue Zeitschrift wird bestehen, wenn sie gut und nützlich ist, wenn sie wirklich eine Lücke in dem System der vorhandenen wissenschaftlichen Publikationen ausfüllt. Möge diese Überzeugung, die uns den Mut zu unserem Unternehmen gegeben hat, sich bewähren, mögen alle, welche diese Überzeugung teilen, uns ihre thatkräftige Hilfe nicht versagen!

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Einwirkung des Wassers auf heisses Glas.[1])

Von C. Barus in Providence (Amerika).

Die Versuche, über die ich berichte, behandeln die Auflösung des gewöhnlichen Glases (überhaupt eines beliebigen Silikats) in Wasser. Untersucht wurden die Bedingungen der Auflösung und die Volumenverhältnisse, die sich dabei abspielen, in Bezug auf Temperatur und Druck.

Silikate mit zwei Schmelzpunkten (Wasserfluss bezw. Glutfluss) finden sich in der Natur vor; und zwar zeigt es sich, dass bei den sauren Gesteinen beide Schmelzpunkte (ersterer mit bedeutendem Aufschäumen verbunden) sehr viel höher liegen als bei den basischen Gesteinen. Es empfahl sich daher, mit einer leichter schmelzbaren Glasmasse zu arbeiten, insofern die zusammengehörigen Schmelzpunkte etwa gleichen Schritt halten.

Ist das Glas ein Kolloid, so muss es entsprechend dem allgemeinen Verhalten der Kolloide: 1. bei günstiger Temperatur in Wasser aufquellen, und 2. bei erhöhter (wahrscheinlich charakteristischer) Temperatur in eine klare Lösung übergeführt werden, indem das Lösungs-

1) C. Barus: Am. Journal, 1891; Phil. Mag. (5), XLVII, p. 104, 1899; ibid. p. 461; mit Zusätzen des Verf.

mittel selbst, etwa durch Druck, flüssig erhalten bleibt. Dieses Verhalten lässt sich bei gewissen Kolloiden, z. B. der Stärke, der Gelatine, dem reinen Kautschuk, leicht veranschaulichen, weil hier der Verflüssigungspunkt des Kolloids sich unterhalb der Siedetemperatur des Lösungsmittels befindet. Beim vulkanisierten Kautschuk hingegen müssen die Lösungsmittel, in welchen das Gummi aufquillt (Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Paraffinöle u. s. w.) im allgemeinen durch stärkeren Druck flüssig erhalten werden. Dann aber tritt klare Lösung ein und zwar bei einer Temperatur, die mit dem Lösungsmittel auffallend wenig variiert. Beim Holze liegt der etwaige Lösungspunkt im Wasser über dem Zersetzungspunkt.

Da nun die Auflösung des Glases in Wasser jedenfalls Druck erforderte, so habe ich eine geeignete Retorte konstruiert und l. c. beschrieben, welche in einem Dampfbad von Naphthalin (210^0) eine leichte Herstellung des „Wasserglases" ermöglichte. Das fein pulverisierte, mit nicht zu viel Wasser vermischte Glas schmolz dann zu einer kompakten, in der Kälte fest anhaftenden Glasmasse zusammen, die mit Hammer und Meisel aus der Retorte herausgearbeitet werden musste. Das „Wasserglas" ist dem Aussehen nach, an Härte und dgl. vom entsprechenden Feuerglase wenig zu unterscheiden. In der Luft bis etwa 200^0 erhitzt, schmilzt es unter starkem Aufschäumen zu einem leichten weissen Glasschwamm, welcher nachträglich nur bei Rotglut zum zweitenmal geschmolzen werden kann. Beim Aufbewahren zerbröckelt die anfangs kompakte Masse sehr bald, schon in wenigen Wochen erheblich.

Zur Prüfung der Volumen- und Druck-Erscheinungen, die sich bei der Lösung abspielen, wurde ein Wasserfaden in einer aus dem untersuchten Glase bestehenden Glaskapillare zwischen zwei Quecksilberfäden eingeschlossen, einem oberen mit Paraffin festgekitteten und einem unteren mittels einer Druckpumpe beweglichen. Das Volumen wurde durch Beobachtung der den Wasserfaden einschliessenden Quecksilber-Menisken mittels eines Kathetometers, durch die klare Glaswand des die Kapillare umgebenden Dampfbades (Anilin, Naphthalin) hindurch gemessen.

Bei der Untersuchung nach dieser Methode zeigte nun Glas in der That kolloidale Eigenschaften. Es wurde nämlich beobachtet: 1. Ein Aufquellen des Glases, am geeignetsten bei 185^0 (Anilin) zu verfolgen. Der Wasserfaden erscheint dann matt und trübe, der Quecksilber-Meniskus ist schwer zu verfolgen. Das Volumen des Systems Wasserglas nimmt bei konstanter Temperatur regelmässig ab und sinkt bald unter das dem kalten Zustand entsprechende bedeutend herab. Die Kompressibilität wächst etwa bis auf das Dreifache. Wird die erkaltete Glasröhre senkrecht durchschnitten, so zeigt sich der Kanal mit einer achatähnlichen warzigen festen Glasmasse erfüllt. Durchwegs ist die Flüssigkeit elastisch. Während sich das System zusammenzog, ist also das Glas selbst bedeutend aufgequollen. 2. Eine Lösung des aufgequollenen Glaskolloids (am geeignetsten bei 210^0 (Naphthalin) zu beobachten). Die Erscheinungen 1. gehen in die nachstehenden über. Der trübe Wasserfaden klärt sich; der Quecksilberfaden leuchtet auf; er ist mittlerweile bei der Bewegung durch die zähe Masse in Tropfen zerbrochen. Das weisse Koagalum zieht sich allmählich vom Rande des Kanals in die Achse zusammen und verschwindet daselbst (Wasserüberschuss nicht mehr zugegen). Das Volumen des Systems Wasserglas nimmt bei constanter Temperatur (210^0) sehr rasch bis auf ein festes Minimum ab. In der Röhre bemerkt man ein dauerndes Strömen der Wasserglasmasse von den unteren Regionen derselben nach oben, in welchem die Quecksilbertropfen mitschwimmen. Die Kompressibilität ist bis zu verhältnismässig enormen Werten angewachsen, indem sich die Druckzunahme wesentlich in einer Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit der Glasmasse ausdrückt. Bei Druckabnahme ergeben sich neben den Quecksilbertropfen auch leere Blasen. Die Flüssigkeit ist unelastisch. 3. Gesättigtes Glaskoagulum; Klar. Volumen konstant und sehr klein, etwa 20 bis 30% kleiner als das isotherme Anfangsvolumen des Systems. Die Kompressibilität ist auf einen konstanten, entsprechend kleinen Wert rasch abgefallen. Die Glasmasse ist wieder elastisch, aber fast inkompressibel. 4. Bei der Abkühlung nach Beendigung des Versuches eine Blasenbildung von der Achse aus, da das festwerdende Wasserglas sich wegen der umhüllenden Feuerglaswand von innen nach aussen zusammenziehen muss, ähnlich wie bei den Bologneser Tropfen. Die Blasen sind gewöhnlich durch einen feinen Kanal verbunden und zeigen die wichtige Thatsache, dass sich Wasserglas beim Festwerden stark zusammenzieht. Um die etwa vorhandenen Quecksilbertropfen bilden sich leere Räume aus. Beim Durchschnitt ist der feste Wasserglaskern wegen anderem Brechungsvermögen in der Achse deutlich sichtbar, sonst aber vom übrigen Glase kaum zu unterscheiden. Der Durchmesser ist auf das Zwei- bis Dreifache des ursprünglichen Wasserfadens gestiegen. Durch gelindes Erwärmen quillt das Wasserglas aus der Röhre hervor.

Sämtliche Röhren, wenn auch noch so vorsichtig abgekühlt, zerbrechen nach dem Erkalten. Der Bruch beschränkt sich oft nur auf den Kern, woraus hervorgeht, dass innere Spannungen

(negativer Druck) die Ursache der Erscheinung sind. Es weist dies auf den entsprechend grossen Ausdehnungskoefficienten des Wasserglases hin, wie auch direkte Versuche ähnliches darthun.

Der ganze Verlauf der Erscheinung ist l. c. in verschiedenen graphischen Darstellungen zur Anschauung gebracht. Wenn man sich die gegebenen Veränderungen auf die thermodynamische Fläche aufgetragen denkt, so erhält man eine der James Thomsonschen ähnliche Isotherme, längs welcher die Konzentration des Wasserglases von Punkt zu Punkt zunimmt. Daher ist also am Anfang das Wasser stabil, das Wasserglas nicht stabil. Druckzunahme zwingt zwar das Wasser in die Glasmolekeln hinein, bei Druckabnahme kommt es wieder von selbst heraus. Die Kompressibilität ist klein, vergrössert sich aber in dem Masse, als mehr wirksame Glasmolekeln zugegen sind. In dem geschlungenen Teil der Isotherme beschleunigt Druckzunahme den Eintritt des Wassers in das Glasmolekül; bei Druckabnahme kommt es nicht wieder heraus (Strömungserscheinungen). Der implosive Teil der Isotherme ist an der äusserst zähen Glasmasse durchzubeobachten. Am Ende ist das gesättigte Wasserglas stabil. Nun bemerkt man, dass anfangs viel Wasser und wenig Glas, und schliesslich viel Glas und wenig Wasser in kolloidaler Lösung zugegen ist. Man hat es demnach mit einer Massenwirkung zu thun, deren Verlauf auf elastischem Wege (Kompressibilität) nachgewiesen worden ist.

Ersetzt man den Wasserfaden durch eine Lösung von Kobaltnitrat, so ist nach beendigter Einwirkung keine Spur einer blauen Färbung vorhanden, wie dies bei Glutfluss der Fall sein würde. Vielmehr hat sich das Salz zersetzt und ist als grauschwarze körnige Masse in der Achse der Röhre zurückgeblieben, während das Wasser herausdiffundierte. **Das Wasserglas verhält sich demnach als halbdurchlässige Membran**, deren Wirkungsweise in der angegebenen energischen Art zu Tage tritt.

Die vorstehenden Ergebnisse lassen wichtige Anwendungen auf geologische Fragen zu. Zunächst erscheint durch sie erwiesen, dass in Gegenwart von Wasser und der geeigneten Gesteinsart die Verflüssigungsmöglichkeit um das Fünffache der Erdoberfläche näher gerückt ist. Bei Silikaten obiger Art wären schon etwa 5 bis 6 Kilometer Tiefe genügend, um längs der Fläche der Erdisotherme die Bedingungen der Verflüssigung (abgesehen vom Druck) zu erreichen. Ferner ist kaum wahrscheinlich (obgleich bis jetzt nicht direkt erwiesen), dass eine so bedeutende Volumenabnahme, wie die beobachtete, ohne Wärmetönung vor sich gehen könne. Weil sich nun die Einwirkung mit steigender Temperatur beschleunigt, so ist anzunehmen, dass bei genügender Erdtiefe die Wärme rascher erzeugt als abgeleitet werden würde, wodurch ihrerseits die Reaktion abermals beschleunigt werden müsste. Auf diese Weise kann man sich eine Vorstellung von dem Ursprung einer lokalen Wärmequelle vulkanischer Art bilden, welche unter günstigen Gesteinsbedingungen sich vorzugsweise an den Meeresküsten ausbilden würde. Eine solche Wärmequelle würde schliesslich nach der unter erheblichen Volumenänderungen vollendeten Ausbildung des „Wasserglases" von selbst versiegen müssen.

(Eingegangen 5. Aug. 1899.)

Über Bewegungserscheinungen sich auflösender Krystalle.[1])

Von Karl Schaum.

Kleine Partikel gewisser flüchtiger Stoffe, wie Kampfer, Menthol u. s. w. führen bekanntlich auf einer reinen Wasseroberfläche eigentümliche Bewegungen aus; ähnliche Erscheinungen beobachtet man auch bei löslichen Substanzen; so bewegen sich Bernsteinsäure auf Wasser, Natrium auf Quecksilber.

Kürzlich beobachtete ich sehr charakteristische Bewegungserscheinungen, welche unzweifelhaft mit den erwähnten in Zusammenhang stehen und zur Erklärung des Phänomens beitragen werden. Bringt man leicht lösliche Stoffe an die Grenzschicht von Quecksilber und Wasser, so beobachtet man schwache Bewegungen bei KCN, KNO_3 $AgNO_3$, Traubenzucker, Harnstoff, stärkere bei KCl, $CaCl_2$. Setzt man dem Wasser Säure zu (H_2SO_4 oder HNO_3), so werden die Bewegungen wesentlich schneller, auch rotieren unter verdünnter Säure manche Stoffe, welche unter Wasser keine Bewegung erkennen lassen, wie Rohrzucker, Hydrochinon. Letzteres bewegt sich auch unter Alkali (und an der Oberfläche von Wasser).

Interessant sind die Bewegungen, welche Krystalle von $KMnO_4$ und von $K_2Cr_2O_7$ an der Grenzschicht von Quecksilber und Schwefelsäure zeigen; die Bewegung nimmt mit dem Säuregehalt zu; in $^1/_{100}$ n-H_2SO_4 ist dieselbe schwach (unter Wasser bildet sich eine Haut von Oxyd, welche keine Bewegung zulässt), in $^1/_{10}$ n-Säure stark und in n-Säure sehr stark. Die Bewegungserscheinungen sind sehr eigenartig; meist beschreiben die Krystalle zunächst zickzackförmige Bahnen, um dann in Kreisbewegungen überzugehen und schliesslich mit grosser Geschwindigkeit um ihre Achse zu rotieren.

1) Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. Sitzung vom 21. Juni 1899.

Ohne Frage stehen die beschriebenen Erscheinungen im engsten Zusammenhang mit der Auflösung der Krystalle. Um einen genaueren Einblick in den Mechanismus des Vorganges zu bekommen, überzog ich Krystalle von $KMnO_4$ mit Paraffin und entfernte den Überzug an einer Stelle; ich konnte alsdann deutlich wahrnehmen, dass die Bewegung in der der Lösungsstrombahn entgegengesetzten Richtung verläuft. Entfernt man den Überzug an zwei diametral entgegengesetzten Stellen, so rotiert der Krystall sofort wie ein Segnersches Wasserrad; überhaupt ist die Analogie der geschilderten Erscheinung mit dem Wasserrad eine sehr naheliegende, und kann man durch molekulartheoretische Betrachtungen den Vergleich ziemlich weit treiben, doch verzichte ich auf die Ausführung solcher allzu kinetischer Erörterungen.

Die Geschwindigkeit der Bewegung hängt offenbar zunächst davon ab, wie schnell die Krystalle in Lösung gehen; am raschesten rotieren daher $KMnO_4$ und $K_2Cr_2O_7$ unter H_2SO_4, weil sich in diesem Fall durch die eintretende Oxydation des Quecksilbers keine Zone konzentrierter Lösung ausbildet, welche — wie bei indifferenten Stoffen — die weitere Auflösung verzögert. (Unter HNO_3 rotiert $K_2Cr_2O_7$ fast gar nicht infolge der Bildung beträchtlicher Mengen von Quecksilberchromat; das bei Anwendung von H_2SO_4 entstehende Sulfat ist sehr feinpulverig und stört zunächst die Krystallbewegung nicht.)

Überhaupt scheint H_2SO_4 die Auflösungsgeschwindigkeit mancher Salze zu beschleunigen; es wird dies darauf beruhen, dass die Konzentration der undissoziierten Molekeln des in Lösung gehenden Salzes und damit der osmotische Gegendruck derselben verringert wird. So bewegen sich auf einer unter H_2SO_4 befindlichen umgekehrten Urschale kleine $KMnO_4$-Krystalle mit grosser Geschwindigkeit abwärts, welche unter reinem Wasser auch durch Anstoss nicht zur Bewegung zu bringen sind.

Bei anderen Stoffen, wie bei Traubenzucker und Rohrzucker, ist allerdings keine Erhöhung der Lösungsgeschwindigkeit durch Säure anzunehmen. Hier wird vielleicht die geringere Oberflächenspannung des Quecksilbers unter Säure die Bewegung begünstigen.

Ich habe versucht, diese Vermutung durch willkürliche Änderung der Oberflächenspannung des Quecksilbers während des Lösungsvorganges der Krystalle zu prüfen, bin dabei jedoch zu keinem Ergebnis gekommen; doch will ich einige Beobachtungen anführen, welche ich bei dieser Gelegenheit gemacht habe.

Bekanntlich ist Quecksilber unter *Hg*-Salzlösungen, also auch unter verdünnten Säuren, in welchen sich immer Spuren von *Hg*-Salz bilden, positiv geladen; die Oberflächenspannung ist infolge der elektrostatischen Ladung verringert. Vernichtet man einen Teil der Ladung, indem man das Quecksilber mit einem negativ geladenen Metall, etwa mit Eisen, berührt, so wächst die Oberflächenspannung und die Quecksilbermasse zieht sich zusammen.[1]) Noch kräftigere Wirkungen, wie mit Eisen, erhielt ich bei der Anwendung von Magnesium; um das Quecksilber nicht zu verunreinigen, umwickelte ich das Magnesiumband mit einem Platindraht und liess das eine Ende desselben etwas vorstehen; berührt man mit dieser Platinspitze eine in einer Krystallisierschale befindliche halbmondförmige Quecksilbermasse, während das Magnesium etwas in die Schwefelsäure eintaucht, so erfolgt ein sehr starkes Zusammenzucken des Quecksilbers.

Ich habe eine Ladungsänderung und damit eine solche der Oberflächenspannung des Quecksilbers auch ohne die Bildung eines galvanischen Elementes erreicht. Bringt man in eine Krystallisierschale so viel Quecksilber, dass ein sichel- oder halbmondförmiger grosser Tropfen entsteht, übergiesst denselben mit H_2SO_4 und bringt nun vorsichtig mit einer Pipette an irgend eine Stelle des Quecksilberrandes etwas starke HNO_3, oder Lösung von $HgNO_3$, $KMnO_4$ oder $K_2Cr_2O_7$, so erfolgt an der betreffenden Stelle eine sehr starke Ausbuchtung; bringt man einen Tropfen einer der genannten Lösungen oben auf das Quecksilber, so verlängert sich die Sichel nach beiden Seiten. In diesen Fällen giebt ein Teil der zugeführten *Hg*-Ionen seine positiven Ladungen an das Quecksilber ab, respektive ein Teil der oxydierend wirkenden Ionen entzieht dem Quecksilber (gemäss dem Bestreben der Oxydationsmittel) negative Ladungen, was mit einer Abgabe von positiven Ladungen an das Quecksilber identisch ist. Infolge dieser Vorgänge findet, wie die Versuche sehr deutlich erkennen lassen, eine Verringerung der Oberflächenspannung statt.

Versuche durch Fortnahme der Quecksilber-Ionen mittels KCN, sowie durch reduzierende Substanzen (Hydrochinon in Alkali) die positive Ladung des Quecksilbers zu verringern und auf diese Weise eine Kontraktion zu verursachen, führten zu keinem deutlichen Resultat; ebenso ungünstig gestalteten sich die Versuche, nach der Neutralisation der positiven Ladungen das Quecksilber — etwa durch Hydroxylamin in Alkali — so stark negativ zu laden, dass nunmehr wiederum eine Verringerung der Oberflächenspannung eingetreten wäre. Mehreremal schien es, als ob die Versuche gelungen seien; später konnte ich dieselben jedoch nicht wieder mit dem gleichen Erfolg ausführen.

(Eingegangen 6. Aug. 1899.)

1) Ostwald, Lehrbuch II, 1; 922.

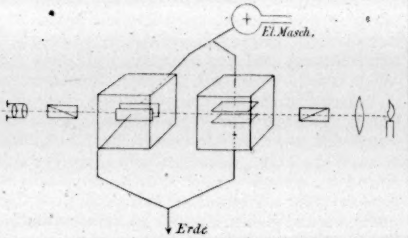
Eine Kapazitätsbestimmung mit Hilfe der elektrischen Doppelbrechung.

Von R. Wachsmuth und K. Bergwitz.

Verzweigt sich ein Wechselstromkreis in zwei Zweige und enthält der eine Zweig nur einen induktionslosen Widerstand, der andere aber einen Kondensator, so tritt zwischen beiden Zweigen eine Phasendifferenz auf. Es fragt sich, ob diese Phasendifferenz zu einer Bestimmung der Kapazität des Kondensators benutzt werden kann.

Beobachtungen über die elektrische Doppelbrechung bei Schwefelkohlenstoff, die der eine von uns (W.) schon vor Jahren angestellt hatte, liessen vermuten, dass diese Erscheinung mit Erfolg sich zu der Messung einer Phasenverschiebung verwenden lasse.

Schickt man einen linear polarisierten Lichtstrahl zwischen zwei in Schwefelkohlenstoff getauchten planparallelen Platten hindurch, die zu einem möglichst hohen Potential elektrostatisch geladen sind, so ergiebt sich aus den Versuchen von Kerr, Röntgen, Quincke u. a., dass der Schwefelkohlenstoff sich verhält wie ein einachsiger Krystall. Ist die Polarisationsebene unter 45° gegen die Platten geneigt, so tritt bei gekreuzten Nikols Helligkeit auf. Stellt man jetzt in den Weg des Lichtstrahles noch ein zweites gleiches und gleich hoch geladenes Plattenpaar, so lässt sich die Wirkung des ersten Paares aufheben, wenn man dem zweiten eine Neigung von 90° gegen das erste giebt. (Figur.)



Blondlot und Des Coudres haben gezeigt, dass die Erscheinung der elektrischen Doppelbrechung nicht bloss bei elektrostatischen Zuständen wahrnehmbar ist, sondern auch auftritt, wenn die Ladungen einem periodischen Wechsel unterliegen. In der That hat kürzlich Hess darauf eine Methode der Messung langsamer Schwingungen von Induktorien aufbauen können. Ein Versuch mit gekreuzten Plattenpaaren bestätigte, dass auch bei Anwendung der hochgespannten Wechselströme eines Induktoriums die von einem Plattenpaar hervorgerufene Aufhellung durch das zweite Paar wieder kompensiert wurde und zwar bei beliebiger Wechselzahl. Dabei ist völlige Gleichheit der Oberflächen und gleicher Abstand vorausgesetzt, so dass beide Plattenpaare als völlig gleiche Kondensatoren in den beiden Zweigen des Wechselstromkreises liegen.

Schaltet man jetzt eine kleine Leydener Flasche in den einen Zweig ein, so sind die Kapazitäten beider Zweige nicht mehr gleich. Der Versuch zeigt, dass dann die beiden Aufhellungen sich nicht mehr aufzuheben vermögen und auch durch eingeschalteten Widerstand im anderen Zweig nicht zur Kompensation gebracht werden können, offenbar weil sie nicht mehr zeitlich zusammenfallen. Die Leydener Flasche hat eine Phasenverschiebung hervorgerufen. — Dunkelheit des Gesichtsfeldes tritt erst wieder ein, wenn man auch in den zweiten Zweig eine entsprechende, d. h. eine genau gleich grosse Kapazität einführt.

Es fragt sich, wie genau sich die Kapazität eines beliebigen Kondensators wird messen lassen, wenn der zweite Zweig einen variablen Messkondensator enthält. Die Frage findet ihre Antwort in einer eingehenden Untersuchung, die der andere von uns (B.) demnächst veröffentlichen wird.

Benutzt wurde ein von der Firma Müller-Uri in Braunschweig nach Angabe gefertigter Zwillingsapparat, der in demselben Glaskasten, durch eine plane Glaswand getrennt, beide Plattenpaare enthielt. Der Messkondensator dagegen musste selbstgefertigt werden.

Da die durch einen Kondensator hervorgerufene Phasenverschiebung dargestellt ist durch $\psi = arc\ tang\ 1/(C.R.p.)$, worin C die Kapazität, R den Widerstand und $p = 2\pi/\tau$ eine der Wechselzahl proportionale Grösse bedeutet, so sieht man, dass bedeutende Phasenverschiebungen nur bei kleinen Kapazitätswerten auftreten. Der Versuch ergab, dass unterhalb von ca. 150 el. stat. Einheiten genaue Messungen möglich waren. Selbstgefertigte kleine Franklinsche Tafeln zeigten nur einige Zehntel Prozent Differenz zwischen Beobachtung und Berechnung.

Grössere Kapazitäten erforderten zu ihrer Bestimmung eine besondere Methode. Sie wurden mit einem kleinen Kondensator in Serie geschaltet und drückten dadurch dessen bereits bekannten Wert etwas herab. Seien C_m die augenblickliche Kapazität des Messkondensators, C_v die bekannte Kapazität des vorgeschalteten kleinen Hilfskondensators und C_x die unbekannte grosse Kapazität, so wird $C_x = C_v C_m / (C_v - C_m)$. Für einige grosse Leydener Flaschen ergab sich so zwischen einer genauen ballistischen Kapazitätsbestimmung und einer Messung nach der vorstehenden Methode eine Differenz von maximal 10%. Die Formel zeigt, dass

nur ein sehr guter Messkondensator genauere Werte wird liefern können, weil die Differenz $C_v - C_m$ immer eine sehr kleine Grösse ist.

Rostock, August 1899.

(Eingegangen 6. Aug. 1899.)

Über Wellenströme.

Von C. Heinke, München.

Durch gleichzeitige Messungen von Stromstärke J, Spannung E und elektrischer Leistung P mit Hilfe der in Fig. 1 skizzierten Messanordnung fand ich, dass der periodisch veränderliche elektrische Ausgleich, wie er u. a. durch Verwendung eines Wehnelt-Unterbrechers U in Verbindung mit Selbstinduktion (L, R) bei Benutzung einer Gleichstromquelle (B) stattfindet, in allen energetisch in Frage kommenden Beziehungen in zwei Komponenten aufgelöst werden kann. Hiernach würde jeder elektrische Ausgleichvorgang, obwohl unsymmetrisch periodisch veränderlich, eine Auflösung der Hauptgrössen J und E in ein Gleichstromniveau mit aufgelagertem Wechselglied zulassen, wobei man für das letztere in effektiver Hinsicht einen äquivalenten symmetrischen Wechselstrom bezw. eine ebensolche Wechselspannung einführen kann. Diese Kombination sei der Kürze halber als Wellenstrom, die Hauptgrössen als Wellenstromstärke bezw. Wellenspannung bezeichnet.

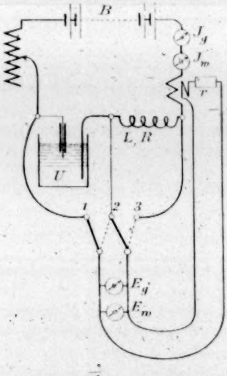


Fig. 1.

Die Auflösung der mit effektive Mittelwerte anzeigenden Messinstrumenten erhaltenen Wellenstromgrössen J_w und E_w (vgl. Fig. 1) in ihre beiden Komponenten erfolgt durch gleichzeitige Messung der Stromstärke und Spannung mit voltametrische (galvanometrische) Mittelwerte anzeigenden Instrumenten (in Fig. 1 J_g und E_g), wodurch sich die auf dem Gleichstromniveau J_g bezw. Gleichspannungsniveau E_g aufgelagerte äquivalente Wechselstromstärke $J_\sim$ (effektiv gemessen) bezw. Wechselspannung $E_\sim$ zu

$$J_\sim = \sqrt{(J_w)^2 - (J_g)^2} \text{ bezw. } E_\sim = \sqrt{(E_w)^2 - (E_g)^2}$$

ergiebt, während die jeweiligen Momentanwerte bei Einführung einer äquivalenten Sinuswelle für die rechnerische Behandlung des Wechselgliedes sich zu

$$i_w = J_g + (\sqrt{2}\, J_\sim) \sin \alpha = J_g + i_\sim \text{ bezw.}$$

$$e_w = E_g + (\sqrt{2}\, E_\sim) \sin (\alpha + \varphi) = E_g + e_\sim$$

darstellen würden (vgl. die graphische Darstellung für i_w in rechtwinkligen und Polarkoordinaten in Fig. 2). Die Integration einmal bei

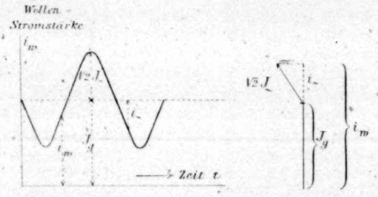


Fig. 2.

effektiver, einmal bei galvanometrischer Wirkung, d. h. im letzteren Fall die Angabe durch Messinstrumente mit einseitiger Konstanthaltung des einen Antriebsfaktors, ergiebt die obige Beziehung der Mittelwerte (näheres vgl. entweder E.T.Z. 1899 Heft 29 und 30, oder einen späteren, für Wied. Ann. bestimmten Aufsatz: Zur Messung elektrischer Grössen bei periodisch veränderlichen Strömen). Bei Durchführung der Spannungsmessungen in der durch Fig. 1 angedeuteten Weise d. h. einmal zwischen den Punkten 1 und 3, hierauf 1 und 2 d. h. Wellenstromerreger (hier Wehnelt-Unterbrecher) allein, endlich 2 und 3 d. h. künstliche Selbstinduktion bezw. sekundär belasteter Wechselstromtransformator (hier Igel-Transformator oder eine entsprechend wirkende Anordnung, wie Induktorium) werden drei Wellenspannungen ($E_w^{1,3}$, $E_w^{1,2}$, $E_w^{2,3}$) und hieraus wie oben drei Wechselspannungen ($E_\sim^{1,3}$, $E_\sim^{1,2}$, $E_\sim^{2,3}$) erhalten, deren gegenseitige Stellung in der Periode d. i. ihr Phasenabstand — bei Benutzung der äquivalenten Sinuswelle durch die Maximalwerte charakterisiert, sonst bei abweichendem Kurvenverlauf als äquivalenter Phasenabstand durch energetisch in Frage kommende Schwerlinien der Kurvenflächen — jene effektiven Mittelwerte nach Art eines Kräftedreiecks geben, wenn hinreichende Konstanz

der Betriebsverhältnisse während dieser drei zusammengehörigen Messungen gewahrt bleibt.

Die jederzeit gleichzeitig mittels des in Fig. 1 angedeuteten Wattmeters vorgenommene Messung der in jeder der drei Kreislaufstrecken wirklich umgesetzten elektrischen Leistung liefert nicht nur die effektive Wellenstromleistung P_w, sondern auch gegenüber der scheinbaren Gleichstromleistung $P_g = J_g . E_g$ die Energie- bezw. Leistungsverschiebungen, welche infolge der auftretenden Phasenverschiebungen zwischen den zusammengehörigen Wechselgliedern der Stromstärke $J_{\sim}$ und Spannung $E_{\sim}$ sich ergeben. Hieraus folgt einerseits die Zerlegung des sich durch Integration der momentanen Wellenstromleistungen

$$p_w = e_w . i_w =$$

$$[E_g + (\sqrt{2} E_{\sim}) \sin(\alpha + \varphi)] [J_g + \sqrt{2} J_{\sim}) \sin \alpha]$$

über eine Periode zu

$$P_w = E_g . J_g + E_{\sim} . J_{\sim} \cos\varphi = P_g + P_{\sim}$$

ergebenden Wertes der effektiven Wellenstromleistung P_w in die beiden Faktoren der scheinbaren Gleichstromleistung P_g und der Wechselstromleistung $P_{\sim}$, andererseits unter gleichzeitiger Benutzung aller so abgeleiteten Wechselstromwerte ($E_{\sim}$, $J_{\sim}$ und $P_{\sim}$) die Grösse der äquivalenten Phasenverschiebungen zwischen der Wechselstromstärke $J_{\sim}$ und den verschiedenen Spannungskomponenten. Gleichzeitig bietet die diagrammatische und rechnerische Bestimmung der resultierenden Grössen auf Grund der durch die Messungen gegebenen Überbestimmungen die sicherste Kontrolle über die Zulässigkeit bezw. Richtigkeit der oben angeführten Zerlegung der Hauptgrössen unter Einführung äquivalenter Wechselglieder, die zwar nicht bezüglich der Maximalwerte, wohl aber in allen effektiven Beziehungen die unsymmetrisch periodischen Veränderungen der Hauptgrössen darstellen. Dieses Experimentum crucis fällt nun im vorliegenden Falle völlig befriedigend aus.

Unter Hinweis auf die oben erwähnten näheren Ausführungen bezw. weiteren Zahlenbelege seien hier nur als Beispiel die mit der Messanordnung in Fig. 1 erhaltenen beobachteten Werte (obere Reihe), sowie die daraus abgeleiteten Werte (untere Reihe) nebst Darstellung der äquivalenten Wechselstromgrössen im Polardiagramm der Fig. 3 angeführt für den Fall der Einschaltung der Niederspannungswicklung eines Igel-Transformators zwischen die Punkte 2, 3 (200 Windungen, ohmscher Widerstand R etwa 0.06 Ω, L ohne sekundäre Belastung etwa 0.020 Henry) und Belastung der sekundären Hochspannungswicklung (2000 Windungen) mit einem Hochspannungskondensator, dessen wirksame Kapazität in diesem Fall etwa 2.40 *Mf* betrug und eine mit Hitzdrahtinstrument gemessene Stromstärke von 0.44 Amp. veranlasste.

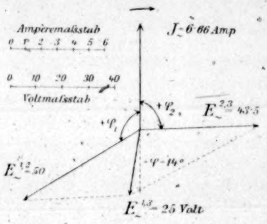


Fig. 3.

Zwischen den Punkten	E_g Volt	E_w Volt	J_g Amp.	J_w Amp.	P_w Watt
1 und 3	30·0	39·	10·1	12·2	137·
1 „ 2	29·5	58·	10·2	12·2	113·
2 „ 3	0·5	43·5	10·2	12·2	24·

Zwischen den Punkten	$P_g = E_g . J_g$	$P_{\sim}$ Watt	$J_{\sim}$ Amp.	$E_{\sim}$ Volt	$P_s = J_{\sim} \cdot E_{\sim}$	$\cos\varphi = \frac{P_{\sim}}{P_s}$	φ
1 u. 3	304	− 166	6·84	25·0	171·	−0·97	− 14°
1 „ 2	300	− 187	6·66	50·0	333·	−0·562	− 55° 50′
2 „ 3	5	+ 19	6·66	43·5	290·	+0·065	+ 86° 20′

Beim Phasenverschiebungswinkel φ zwischen der gemeinsamen Stromstärke $I_{\sim}$ und den Spannungskomponenten drückt das Vorzeichen + den Abstand von dem Stromvektor selbst, das Vorzeichen — den Abstand von der Verlängerung desselben jenseits vom Anfangspunkt aus (vgl. Polardiagramm in Fig. 3). Die aus der zweiten und dritten Beobachtungsreihe allein rückwärts gerechnete Wellenstromspannung $E_w^{1,3}$ liefert den Wert 39.3 Volt, während beobachtet ist 39 Volt, eine Probe, wie sie im vorliegenden Falle gar nicht besser erwartet werden kann. Die Werte für $P_{\sim}$ lassen ohne weiteres erkennen, wie wenig **auch bei Entnahme der elektrischen Leistung aus einer Gleichstromquelle** das Produkt der Gleichstromgrössen $E_g . J_g$ ein Mass für die wahre elektrische Leistung abzugeben vermag und wie notwendig bei allen als Wellenstrom zu bezeichnenden elektrischen Ausgleichvorgängen eine eigene Leistungsmessung ist.

Schliesslich lassen alle in Frage kommenden Wellenstromgrössen, nämlich J_w, E_w und P_w, erkennen, dass die bisher allein näher untersuchten Ausgleichvorgänge des konstanten Gleichstroms und des symmetrischen Wechselstroms als Specialfälle des allgemeineren Wellenstroms erscheinen, indem bei ersterem das Wechselglied, bei letzterem das einseitig gerichtete Gleichstromniveau sich praktisch nicht merklich von Null unterscheidet.

(Eingegangen 10. Aug. 1899.)

Zur Dynamik der Serienschwingungen eines Linienspektrums.

Von Eduard Riecke.

Die einfachen Formeln, durch welche Kayser und Runge die Schwingungszahlen der Serien von Linienspektren dargestellt haben, geben eine so gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen, sie zeigen sich anderen dreikonstantigen Formeln, wie man sie in verschiedener Weise versuchen kann, in so hohem Masse überlegen, dass sie dem wahren Gesetze der Schwingungszahlen jedenfalls ausserordentlich nahe kommen müssen. Es erscheint daher gerechtfertigt, wenn man von jenen Formeln ausgeht, um zu einem anschaulichen Bild für den Mechanismus der Serienschwingungen zu gelangen.

Über das Resultat eines nach dieser Richtung hin unternommenen Versuches mag im folgenden kurz berichtet werden.

Unsere Betrachtung bezieht sich auf ein schwingungsfähiges Gebilde von folgender Beschaffenheit: Es seien zwei gleiche Ringe 1 und 2 gegeben, deren Ebenen senkrecht zu einer und derselben Achse x liegen, deren Mittelpunkte in dieser Achse in einigem Abstande übereinander gelegen sind. Jedem Punkte des Ringes 1 werde eine Verschiebung u_1, jedem Punkte des Ringes 2 eine Verschiebung u_2 zugeordnet. Über die Natur dieser Verschiebungen machen wir keine besonderen Voraussetzungen; man kann dabei an Verschiebungen von Ionen oder an Verschiebungen des Elektrons denken. Jeder Ring besitze für sich genommen eine Reihe verschiedener Schwingungsarten, welche sich voneinander durch die Zahl der Knotenpunkte unterscheiden, die auf der Peripherie des Ringes in gerader Anzahl gleichförmig verteilt sind. Die einzelnen Punkte der Ringe seien durch das Azimut φ der durch sie hindurchgehenden Meridianebene bestimmt. Die Verschiebungen u_1 und u_2 werden dann abhängig sein einerseits von dem Azimut φ der Punkte, denen sie zugeordnet sind, andererseits von der Zeit.

Die Schwingungen der Ringe 1 und 2 mögen nun miteinander verkoppelt sein durch die Gleichungen:

$$\frac{d^5 u_1}{d\varphi^4\, dt} = 2\pi a \frac{d^4 u_2}{d\varphi^4} + 2\pi b \frac{d^2 u_2}{d\varphi^2} - 2\pi c u_2,$$

$$\frac{d^5 u_2}{d\varphi^4\, dt} = -2\pi a \frac{d^4 u_1}{d\varphi^4} - 2\pi b \frac{d^2 u_1}{d\varphi^2} + 2\pi c u_1.$$

Diese Gleichungen werden befriedigt durch die Ansätze:

$$u_1 = \sum_n A_n \sin n\varphi \sin 2\pi pt,$$

$$u_2 = \sum_n A_n \sin n\varphi \cos 2\pi pt,$$

wenn zwischen den Zahlen p und n die Beziehung besteht:

$$p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Die den einzelnen Partialschwingungen entsprechenden Knotenpunkte der beiden Ringe liegen paarweise in einer und derselben Meridianebene.

Die Schwingungen gleicher Ordnung besitzen für die beiden Ringe eine Phasendifferenz von einer Viertelperiode.

Die Zahl der bei einer beliebigen Partialschwingung auf einem Ring vorhandenen Knotenpunkte ist gleich $2n$.

Die entsprechende Schwingungszahl ist gegeben durch die Formel von Kayser und Runge:

$$p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Eine etwas ausführlichere Darstellung behalte ich mir vor für die Annalen der Physik.

(Eingegangen 10. Aug. 1899.)

Über die bei der elektrischen Entladung entwickelte Wärme.

Von W. Wien.

Die Vorgänge beim Durchgange eines galvanischen Stroms durch verdünnte Gase weichen in vieler Beziehung von den Gesetzen des konstanten Stroms für metallische und elektrolytische Leiter ab. Nach den bisher vorliegenden Beobachtungen scheint die Hittorfsche Annahme, dass eine konstante elektromotorische Kraft auch in einem Stromkreise, der auf eine Strecke von einem verdünnten Gase gebildet wird, einen konstanten Strom unterhält, sich am besten zu bewähren.

Bei diesem konstanten Strome sind aber die metallischen oder elektrolytischen Teile des Stromkreises wohl von dem gasförmigen zu unterscheiden. Hier kann der Strom nicht in dem gewöhnlichen Sinne ein konstanter sein. Denn wir wissen von dem Mechanismus der Stromleitung in Gasen so viel, dass die Stromenergie dazu verwendet wird, elektrisch geladenen Teilchen grosse Geschwindigkeiten zu erteilen, also zur Beschleunigung träger Massen zu dienen. Ein elektrisch geladenes Teilchen, das immer grösser werdende Geschwindigkeiten annimmt oder beim Anprallen diese Geschwindigkeit wieder verliert, muss nach den wohlbewährten Grundsätzen der Maxwellschen Theorie elektromagnetische Energie ausstrahlen.

Der Betrag dieser Ausstrahlung lässt sich nicht angeben, da uns die Gestalt und die Dimensionen des elektrischen Teilchens unbe-

kannt sind. Wir können nur behaupten, dass diese Ausstrahlung in einem bestimmten Verhältnis mit zunehmender Geschwindigkeit zunehmen muss. Wir haben zunächst auch keinen Anhaltspunkt dafür, wie gross etwa diese ausgestrahlte elektromagnetische Energie im Vergleich zu der Bewegungsenergie des Teilchens ist. Nun lässt sich aber im konstanten Strom die im gasförmigen Leiter verzehrte Energie durch das Produkt aus Spannungsdifferenz und Stromstärke berechnen. Diese Energie muss als Wärmewirkung wieder zum Vorschein kommen, wenn die ausgestrahlte Energie unmerklich ist gegen die zur Bewegung der Teilchen verbrauchte und beim Anprallen der Teilchen in Wärme verwandelte Energie.

Ist dagegen ein erheblicher Bruchteil der Energie ausgestrahlt, so muss die entwickelte Wärmemenge kleiner sein, als der berechneten Stromarbeit entspricht.

Um hierüber Aufschluss zu gewinnen, habe ich die Stromstärke und Spannung eines von einem Hochspannungsaccumulator gelieferten Stromes gemessen und gleichzeitig die gesamte, in einer Entladungsröhre auftretende Wärmemenge bestimmt.

Die Messung der Stromstärke geschah mit einer Tangentenbussole, deren Reduktionsfaktor mit dem Silbervoltameter bestimmt war.

Die eingeschalteten Entladungsröhren hatten verschiedenen Querschnitt und teils spitze, teils scheibenförmige Elektroden.

Die Elektrodenspannung und Stromstärke wurde sowohl durch die verschiedenen Entladungsröhren, als durch Veränderung der Verdünnung der Luft in der Röhre, sowie schliesslich durch Anwendung verschiedener Anzahl eingeschaltener Hochspannungszellen variiert. In den meisten Fällen war auch noch ein Flüssigkeitswiderstand vorgeschaltet.

Gemessen wurde die Spannung an den Elektroden durch ein Sinuselektrometer, das durch den Hochspannungsaccumulator geaicht war, dessen Spannung gruppenweise bestimmt wurde.

Die in der Röhre entwickelte Wärmemenge durch ein gewöhnliches Calorimeter zu bestimmen wäre zu ungenau gewesen. Sie wurde deshalb mit dem Eiscalorimeter bestimmt.

Durch Veränderlichkeit des äusseren Druckes war die Eismenge im Calorimeter nicht ganz konstant, auch wenn äussere Wärme ferngehalten wurde. Diese Veränderung, die ziemlich gleichmässig war, wurde durch Wägung des Quecksilbers in Zeiträumen von 6 Stunden bestimmt und kontrolliert. Die Entladungsröhren ragten bis auf den Grund des Calorimetergefässes und waren oben durch schlechte Wärmeleiter gut isoliert.

Der Strom wurde bei der Messung 10 Minuten lang geschlossen und nachher so lange gewartet, bis alle Wärme zum Schmelzen des Eises verbraucht war. Da die Wandungen der Glasröhren sehr dünn gewählt waren, ging der Wärmedurchgang ziemlich schnell von statten. Die Messungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt; nur die waren verwertbar, bei denen der Strom sich konstant gehalten hatte, was in den meisten Fällen nicht der Fall war.

Elektrodenspannung Volt	Stromstärke Ampère	Calorien berechnet	Calorien beobachtet
368	0,001085	0,0954	0,0949
425	0,001731	0,175	0,174
535	0,001152	0,147	0,149
542	0,003071	0,397	0,394
562	0,005682	0,763	0,771
667	0,002040	0,325	0,322
682	0,004394	0,716	0,713
687	0,005098	0,837	0,846
699	0,000871	0,145	0,143
838	0,002026	0,406	0,411
846	0,003458	0,699	0,703
932	0,001731	0,385	0,393
950	0,001889	0,429	0,436
1650	0,000310	0,122	0,125.

Aus diesen Zahlen ist zu schliessen, dass bei den angewandten Spannungen jedenfalls bis auf einige Prozent, die innerhalb der Versuchsfehler liegen, alle Stromarbeit auch bei der Entladung in Wärme umgesetzt wird.

(Eingegangen 16. Aug. 1899.)

Über einen Apparat zur Messung der Elektricitätszerstreuung in der Luft.

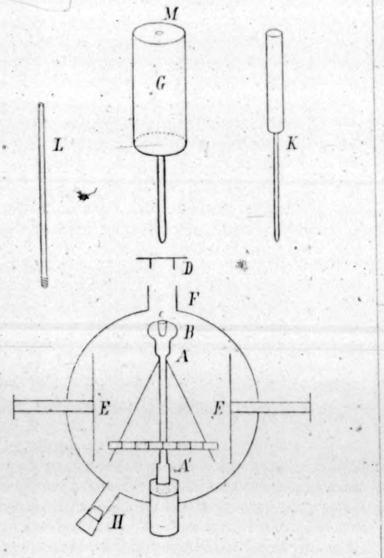
Von J. Elster und H. Geitel.

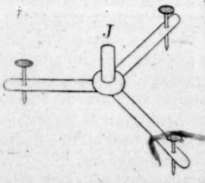
Bekanntlich ist es möglich, durch gewisse Einflüsse die Luft in einen Zustand zu versetzen, in dem sie ein merkliches elektrisches Leitungsvermögen hat. Man kann dies z. B. erreichen durch Einführung eines glühenden Körpers oder eines Stückes in langsamer Oxydation begriffenen Phosphors und in einer von Nebenwirkungen anscheinend freien Weise durch Röntgen- oder Becquerelstrahlen. Gerade bei der Untersuchung der letztgenannten Erscheinung ist es wünschenswert, auch geringe Spuren von Leitfähigkeit in der Luft feststellen zu können. Ebenso ist es eine Frage von besonderem Interesse, ob auch in der freien atmosphärischen Luft ein gewisses Leitvermögen bemerkbar ist.

Diese Erwägungen veranlassten uns dazu, eine Vorrichtung zu konstruieren, mittels der die Elektricitätszerstreuung in freier Luft in einwandfreier Weise bestimmt werden könne.

Ein solcher Apparat muss als wesentliche Bestandteile zuerst einen Körper enthalten, von

dessen Oberfläche die Elektricitätsabgabe an die Luft erfolgen soll, und ferner ein Elektrometer, das zur Beobachtung seines elektrischen Zustandes dient. In der Wahl des Elektrometers liegt eine gewisse Schwierigkeit. Damit nämlich der durch die niemals vollkommene Isolation der Träger des elektrisierten Systems verursachte Fehler möglichst gering sei, ist ihre Anzahl so weit einzuschränken, als es irgend mit der Stabilität verträglich ist. Zugleich ist zu fordern, dass man jederzeit von der Grösse dieses Fehlers zuverlässige Kenntnis erlangen könne, und schliesslich ist eine möglichst kleine Kapazität des Apparats wünschenswert, damit ein Elektricitätsverlust schon in einem mässigen Zeitraume durch einen deutlichen Spannungsabfall sich zu erkennen giebt.





Diesen Forderungen schien uns am besten das Exnersche Elektroskop zu entsprechen, sobald man daran einige Abänderungen anbringt, die sich aus der nachfolgenden Beschreibung ergeben. (Vgl. Fig.)

Die etwas stark gearbeitete Trennungsplatte A der Aluminiumblättchen trägt an ihrem unteren Ende einen kurzen cylindrischen Ansatz A' aus Messing und ist mit diesem — abweichend von der Exnerschen Konstruktion — an der tiefsten Stelle des Gehäuses in einen starken gefirnissten Ebonitstopfen eingelassen. Oben endet sie in eine kleine Kugel B mit konischer Bohrung C. Liegt das Instrument in dem zugehörigen Etui, so ist das Gehäuse oben durch den Deckel D geschlossen und die Schutzbacken E sind — wie bei der gewöhnlichen Form — zusammengeschoben. Vor dem Gebrauche nimmt man den Deckel ab, zieht die Schutzbacken zurück, soweit dies möglich ist, und führt durch die Öffnung F des Gehäuses einen Metallstift ein, dessen unteres konisches Ende genau in die Bohrung der Kugel B hineinpasst. Handelt es sich um die Benutzung des Instruments zu Messungen von Potentialdifferenzen, so muss dieser Stift an seinem oberen aus F hervorragenden Ende eine Klemmschraube zur Herstellung von Drahtverbindungen tragen, soll es zu Zerstreuungsbeobachtungen dienen, so ist dem Stifte unmittelbar ein geschlossener cylindrischer Hohlkörper G aus geschwärztem Messingblech von 9 cm Höhe und 5 cm Durchmesser aufgesetzt.

Der Vorzug der beschriebenen Konstruktion des Elektroskops liegt darin, dass die einzige isolierende Vorrichtung weder mit der Aussenluft noch irgend welchen fremden Körpern in Berührung kommen kann. Will man sie noch gegen etwa einfallenden Staub und gegen Licht schützen, so ist dies durch eine unmittelbar über dem Ebonit bei A' angebrachte Schutzplatte aus dünnem Messingblech leicht erreichbar.

Für den Fall, dass bei hohem Feuchtigkeitsgehalte der Luft die Isolation mangelhaft wird, ist eine Trockenkammer angebracht, nämlich der für gewöhnlich durch einen Gummistopfen geschlossene Glastubus H, in den ein erbsengrosses Stück metallischen Natriums, an eine durch einen Gummistopfen geführte Nadel aufgespiesst, eingebracht werden kann. Selbstverständlich muss das Natrium, bevor der Apparat nach dem Gebrauch in das Etui gelegt wird, entfernt werden. Zur Aufbewahrung des Natriums dient ein kleines Glasröhrchen von denselben Dimensionen wie der Tubus A.

Skala und Visierstrich sind wie bei der ursprünglichen Form angebracht, die Aichung des Instruments geschieht am einfachsten an einem Hochspannungsaccumulator.

Zur Anstellung von Zerstreuungsversuchen in geschlossenen Räumen setzt man das Elektroskop auf den in der Mitte eines von Stellschrauben getragenen Dreifusses befestigten Zapfen J, führt den Zerstreuungskörper G ein und ladet dann das aus diesem und dem Elektroskop zusammengesetzte System mittels einer Zambonischen Säule etwa positiv. Man wartet nun ungefähr 5', damit der isolierende Ebonitstopfen an der Berührungslinie mit dem eingesetzten Metallstifte sich positiv laden und innen dielektrisch polarisieren könne und liest dann

die Divergenz der Blättchen ab; dieser möge nach der Aichungstabelle ein Potential von V^0 Volt entsprechen.

Je nach dem Grade der Leitfähigkeit der Luft überlässt man nun den Apparat kürzere oder längere Zeit (bis 15′) sich selbst, bis eine deutliche Spannungsabnahme stattgefunden hat, liest dann wieder die Divergenz ab (entsprechend V Volt) und notiert die zwischen beiden Ablesungen liegende Zeit t. Alsdann entfernt man den Zerstreuungscylinder und führt statt dessen einen mit isolierender Handhabe versehenen Stift K ein, ladet nochmals mit demselben Vorzeichen, zieht den Stift heraus, so dass jetzt allein die Elektroskopblättchen mit ihrem Träger elektrisiert zurückbleiben und beobachtet wiederum ihre Divergenz (V_0'). Nach der Zeit t', mindestens derselben, die man auf den ersten Versuch verwendet hatte, liest man die Divergenz V_0' ab. Bezeichnet man nun mit n das Verhältnis der Kapazität des Elektroskops allein zu der der Summe von Elektroskop und Zerstreuungscylinder, so ist der Ausdruck:

$$e = \frac{1}{t} \log \frac{V_0}{V_1} - \frac{n}{t'} \log \frac{V_0'}{V'}$$

ein Mass für die während der Expositionszeit von dem Zerstreuungscylinder an die Luft abgegebene Elektricitätsmenge.

Will man einen Versuch mit negativer Ladung anschliessen, so muss man vor der ersten Ablesung das ganze System wieder etwa 5′ negativ geladen stehen lassen, damit der Ebonitstopfen seine Oberflächenladung wechseln kann und der Rückstand der voraufgegangenen Ladung neutralisiert wird.

Die Konstante n des Apparats bestimmt man durch den Versuch in folgender Weise. Man schraubt an den Zerstreuungscylinder S in einer im Mittelpunkt seiner oberen Grundfläche gelassenen kleinen Öffnung M ein mit einem Gewinde versehenes Ebonitstäbchen L ein, ladet das Elektroskop in der angegebenen Weise auf eine bestimmte Divergenz D und senkt nun vorsichtig, ohne die Wand zu berühren, von oben her den Stift des unelektrischen Zerstreuungscylinders in die Öffnung F hinein, indem man als Handgriff das Stäbchen L benutzt, bis er in der konischen Öffnung der Kugel B festsitzt. Nun liest man die Divergenz D_1 ab. Das Verhältnis der zu D_1 und D gehörigen Voltzahlen ist die gesuchte Konstante n.

Das zweite Glied der Formel ist eine Korrektion, deren Betrag, wenn die Isolation genügend ist, nur wenig über die Fehlergrenze der Methode hinausgeht.

Wegen dieser Geringfügigkeit der Korrektion halten wir die hier vorgeschlagene Methode zur Bestimmung des Kapazitätsverhältnisses n, obgleich sie ungenau ist, doch für ausreichend. Vernachlässigt ist dabei der Umstand, dass die Elektricitätsverteilung auf den Blättchen und ihrem Träger sich etwas ändert, sobald der Zerstreuungskörper aufgesetzt wird, auch die Kapazitätsänderungen, die mit dem Spreizen und Zusammenfallen der Blättchen verbunden sind, wurden nicht in Betracht gezogen.

Für Beobachtungen der Elektricitätszerstreuung in der freien Atmosphäre setzen wir auf denselben Dreifuss, der das Elektroskop trägt, in der Verlängerung der einen Stellschraube einen Metallstab, an dem ein oben mit einem Deckel verschliessbarer, innen geschwärzter Messingcylinder von etwa 14 cm Höhe und 19 cm Weite so befestigt wird, dass der Zerstreuungscylinder in seiner Achse liegt und durch ihn vor den Schwankungen des äusseren elektrischen Feldes, vor direktem Sonnenlichte und starker Luftbewegung geschützt wird. Natürlich ist für diese Anordnung die Konstante n neu zu bestimmen.

Sämtliche Bestandteile des Apparats einschliesslich der Zambonischen Säule und des Elektroskops sind nach einer von Herrn Mechaniker Günther in Braunschweig getroffenen Anordnung in einem leicht transportablen Kasten zu verpacken, der dann selbst zugleich als Unterlage zur Aufstellung des Instrumentes dient.

Stellt man den Apparat in der Mitte eines Zimmers von etwa 65 m³ Rauminhalt auf und bestimmt den Elektricitätsverlust in 10 Minuten, so findet man eine Zunahme auf etwa das Doppelte dieses Betrages, sobald man ein Stück Uran-Pecherz von etwa 300 Gramm 2 bis 3 m entfernt von dem Apparat in das Zimmer legt. Noch deutlicher verrät sich natürlich die Anwesenheit der stark radioaktiven Substanzen, die man nach der Methode von Herrn und Frau Curie aus dem Uran-Pecherz gewinnt. Man kann sogar in Räumen, die diese Stoffe gar nicht enthalten, abnorme Elektricitätsstreuungen beobachten nur infolge des Eindringens von Luft aus benachbarten Zimmern, in denen sogenannte Radium- und Poloniumpräparate aufbewahrt werden.

Über die mit dem Apparate ausgeführten Messungen der Elektricitätszerstreuung in der freien Atmosphäre gedenken wir an anderer Stelle ausführlich zu berichten, doch möchten wir die wesentlichen Ergebnisse hier kurz zusammenfassen.

Die Elektricitätszerstreuung ist nicht zu allen Zeiten dieselbe, sondern zeigt, wie andere meteorologische Elemente eine gewisse Veränderlichkeit. Sie ist stark abhängig von der Gegenwart atmosphärischer Trübungen, wie Nebel, Dunst, Höhenrauch, und zwar ist sie um so geringer, je trüber die Luft ist. Die Windstärke und absolute Feuchtigkeit sind von

unbedeutendem Einflusse, die relative insofern, als bei Annäherung an den Sättigungspunkt die Zerstreuung abnimmt. Im Tieflande ist sie für positive und negative Ladungen im allgemeinen nahe gleich. Im Gebirge findet man an nebelfreien Tagen mit zunehmender Meereshöhe eine Zunahme der Zerstreuung und zwar für beide Elektricitätsarten, solange man in den Thälern bleibt. Auf Bergspitzen ist der Verlust der negativen Elektricität bei klarem Wetter viel grösser als der der positiven. Bei Nebel sinken beide auch hier auf ein Minimum herab. In der Nähe von Wasserfällen wird dagegen die positive Ladung besonders schnell zerstreut.

Diese polaren Unterschiede lassen sich auch im Tieflande künstlich herbeiführen. Man stellt den ganzen Apparat, nachdem der Zerstreuungskörper geladen ist, von einem allseitig geschlossenen Drahtgeflecht umgeben isoliert auf. Ladet man nun den Drahtkäfig mit gleichnamiger Elektricität, so erfolgt die Zerstreuung im Innern viel schneller, als bei ungleichnamiger Ladung.

Die Ergebnisse lassen sich am einfachsten übersehen unter der Annahme, dass die Luft kleinste Teilchen von positiver und negativer Eigenladung enthält, die durch ihre Berührung mit entgegengesetzt geladenen Körpern deren Entladung bewirken und die (abgesehen von einem geringen Überschusse der positiven, durch deren Eigenelektricität gerade die des Erdkörpers neutralisiert werden würde) in etwa gleichen Mengen vorhanden sind. Bei der Nebelbildung wirken sie als Kondensationskerne; hierdurch wird ihre Masse vergrössert und ihre Beweglichkeit gehemmt. Bergspitzen, in denen die negative Erdelektricität die grösste Dichtigkeit hat, ziehen die positiven heran und verdrängen die negativen, in der Nähe von Wasserfällen überwiegen infolge der Lenardschen Wirkung dagegen die negativen.

Ein isoliert aufgestellter elektrisierter Drahtkäfig sammelt die entgegengesetzt geladenen Teilchen um sich, die zum Teil durch die Maschen dringen und einen im Innern aufgestellten Körper entladen, wenn seine Elektrisierung der des Käfigs gleichnamig ist. —

Die Beobachtungen im Gebirge sind auf dem Brocken und an verschiedenen Orten der Schweiz, insbesondere auf dem Säntisobservatorium angestellt.

Wolfenbüttel, im August 1899.

(Eingegangen 19. Aug. 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Amsterdam (Direktor J. D. van der Waals).

No. 1. N. J. van der Lee, Der Einfluss von Druck auf die kritische Mischungstemperatur

(mitgeteilt von **P. Zeemann**).

Veranlasst wurde die im Titel genannte Untersuchung durch die Theorie der ψ-Fläche von van der Waals (Archiv. Néesl. T. 24 u. Zeitschr. phys. Chem. Bd. 5).

Die Eigenschaften eines Gemenges zweier Stoffe werden von van der Waals dargestellt mit Hilfe einer isothermen Oberfläche, wobei die freie Energie ψ als Funktion der Zusammensetzung x $(o < x < 1)$ und des Volumens V dargestellt wird.

Die Fläche zeigt Vertiefungen, Falten.

Das Vorhandensein einer Falte gestattet nun eine Doppelberührungsebene an die Fläche zu legen. Den beiden Berührungspunkten entsprechen coexistierende Phasen. Lassen wir auf der Falte die Berührungsebene abrollen, so entsteht die sogenannte konodale Linie. Wenn die Endpunkte der Falte auf der Fläche sich befinden, nähern sich die coexistierenden Phasen und fallen schliesslich im Faltenpunkt zusammen. Die Neigung der tangierenden Ebene bestimmt den Druck $p = -\frac{d\psi}{dv}$. Es können bei einer Mischung zweier Substanzen zwei Falten vorhanden sein, deren jede eine konodale Linie besitzt. Die allgemeine Richtung der einen Falte ist dann der x-Achse parallel, sie bezieht sich auf coexistierende flüssige und gasförmige Zustände (Querfalte). Dagegen ist die allgemeine Richtung der zweiten Falte der V-Achse parallell (Hauptfalte). Es coexistieren dann zwei Flüssigkeiten von verschiedener Zusammensetzung.

Die Mehrzahl nun der Untersuchungen, wozu die Theorie der ψ-Fläche Veranlassung gab (diejenigen von Kuenen u. a.), beziehen sich namentlich auf Erscheinungen, die mit dem Vorhandensein der Querfalte zusammenhängen.

Bei vielen Flüssigkeitspaaren ist die gegenseitige Löslichkeit keine unbeschränkte, und dies ist der Grund, weshalb man auf der ψ-Fläche eine Längsfalte annehmen muss. Speciell mit Rücksicht auf den Verlauf dieser Falte wurden Beobachtungen mit Phenol und Wasser gemacht. Bestimmte Mengen Phenol und Wasser wurden in eine Cailletet-Röhre gebracht und durcheinander gerührt zu einer undurchsichtigen Emulsion. Durch Erhöhung der Temperatur kann man die Trübung (Beweis der Anwesenheit zweier Phasen) gerade zum Verschwinden bringen. Erhöht man nun den Druck, so kommt die Trübung wieder zum Vorschein; die Mischungstemperatur steigt durch Druck.

Folgende Resultate wurden erhalten:

C_6H_5OH 49% $x = 0.16$.

Druck:	1	30	60	90	120	150	180
Mischungstemperatur:	65.0	65.0	65.1	65.2	65.3	65.5	65.6 Atm.

Es ist der Prozentgehalt an Phenol angegeben. Weiter sind mit M_1 $(1-x)$ und M_2x die Mengen Wasser und Phenol in Kilogrammen bezeichnet, wo M_1 und M_2 zwei Zahlen, welche den Molekülargewichten proportional sind.

Die angeführten und weitere Beobachtungen, mit anderen Mengenverhältnissen, weisen nun darauf hin, dass die Längsfalte einen Faltenpunkt an der Seite der grösseren Volumina zeigen muss und dass deren konkave Seite der x-Achse zugewendet ist (vg. Korteweg, Archiv. Néerl. T. 24). Eine nähere Betrachtung der Änderungen, welche Quer- und Längsfalte mit Druck und Temperatur erfahren, beweist, dass es kritische Mischungstemperaturen geben muss. Beim untersuchten Körperpaar steigt diese durch Druckerhöhung.

Bei einer bestimmten Temperatur werden die konodalen Linien der Längsfalte und der Querfalte einander berühren in einem Punkte, der auch Faltenpunkt der Längsfalte sein muss. Die Spinodalkurve der Längsfalte wird dann auch die konodale Linie der Querfalte berühren. Hieraus ergiebt sich (Zeitschr. phys. Chem. l. c. p. 143), dass auch $\frac{dp}{dx} = 0$ sein muss. Es weist dies hin auf ein Maximum oder Minimum in der Kurve $p = f_1(x)$, welche die Spannung des gesättigten Dampfes als Funktion der Zusammensetzung angiebt.

Beobachtungen nach einer von Lehfeldt (Phil. Mag. July '98) angegebenen Methode bestätigen dieses Resultat.

Für weitere Details, sowie auch für den Zusammenhang der Arbeit mit den Untersuchungen von Alexejew, Schreinemakers, Rothmund u. a. muss auf die ausführlichere Arbeit, welche bis jetzt nur als Dissertation erschien, verwiesen werden.

(Eingangen 19. Aug. 1899.)

Beobachtungen über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Von Adolf Heydweiller.

Vor kurzem hat Herr W. Kaufmann[1]) einen Demonstrationsversuch über die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen beschrieben. Dies veranlasste mich zu der Probe, ob sich derselbe Zweck nicht mit einfachen im Institut vorhandenen Mitteln ausführen liesse, was in der That in der folgenden Weise gelang. Benutzt wurden Röntgenröhren von Reiniger, Gebbert und Schall mit sogenannter Antikathode von der bekannten nebenstehenden Form (Fig. 1), und ein beliebiges Induktorium, das noch im stande ist, eine schwache Entladung durch die Röhre zu senden.

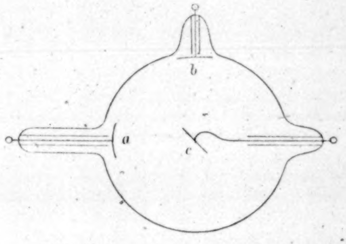


Fig. 1.

Gewöhnlich wird die Röhre in der Weise zur Erzeugung von Röntgenstrahlen benutzt, dass Elektrode *a* Kathode, *b* Anode und die Antikathode *c* mit *b* leitend verbunden ist. Bei meinen Versuchen war *b* Kathode, *a* Anode und *c* zunächst isoliert. Es wird dann auf der *b* gegenüberliegenden Glaswand ein ziemlich scharf begrenzter Schatten von *c* erzeugt, dessen Lage und Grösse derart ist, als wenn die Kathodenstrahlen von der Mitte von *b* ausgingen.

Macht man nun die Entladungen (ev. durch Einschalten von Widerstand in den primären Stromkreis des Induktoriums) möglichst schwach, so dass die grüne Phosphorescenz der Glaswand nur im gut verdunkelten Raume sichtbar ist, so bewirkt die Annäherung eines geriebenen Ebonitstabes eine augenblickliche, bald wieder verschwindende beträchtliche Vergrösserung des Schattens, die eines geriebenen Glasstabes eine merkliche Zusammenziehung. Unter günstigen Bedingungen habe ich die Schatten bis auf die doppelten bezw. halben Dimensionen verändern können.

Der Versuch lässt sich beliebig oft wiederholen, erfordert aber öfter wiederholtes Reiben des Stabes, dessen Elektrisierung in der Nähe von *c* schnell verschwindet.

Statt dieser bald vergehenden Änderungen des Schattens erzielt man eine dauernde Verbreiterung auf sehr einfache Weise, indem man *c* durch Berühren mit der Hand oder auf andere Art zur Erde ableitet; diese Verbreiterung geschieht jedesmal plötzlich, fast ruckweise, ebenso wie die Verengerung beim Aufheben der Ab-

1) W. Kaufmann, Verh. d. deutsch. physikal. Ges. 1, p. 88, 1899.

leitung, und zeigt, dass durch die Ableitung die Antikathode *c* sich negativ ladet, jedenfalls infolge von Influenzwirkung. Ein während der Entladung mit der Zuleitung von *c* oder irgend einem Punkte der äusseren Glaswand des Entladungsgefässes in Berührung gebrachtes Elektroskop nimmt eine starke positive Ladung an. — Ist die metallische Zuleitung von *c* auf eine längere Strecke frei von dem umgebenden Glasröhr, wie in der Figur 1, so verbreitert sich der Schatten dieser Stelle viel stärker als der des anschliessenden Glasrohrs, und man erhält bei der Verbreiterung zugleich die durch Figur 2 *a* und *b* angedeutete starke Formänderung des Schattens.

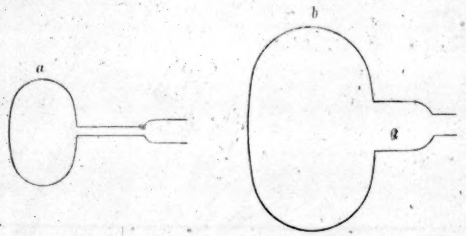


Fig. 2.

Während die durch geriebenes Glas oder Ebonit zu erzeugenden Grössenänderungen des Schattens nur bei ganz schwachen Entladungen erheblich sind und mit Verstärkung derselben schnell schwächer und unmerklich werden, lässt sich die Verbreiterung durch Ableitung der Antikathode auch bei stärkeren Entladungen im mässig verdunkelten Raume zeigen.

Erwähnen will ich noch, dass schwaches Phosphorescieren der Glaswand beim Annähern eines negativ elektrisierten Körpers an die Antikathode einen Augenblick lang ganz aufhört, dann erscheint erst der vergrösserte Schatten, der sich mehr oder weniger schnell auf die ursprüngliche Grösse zusammenzieht. Auch Auflegen der Hand auf das Entladungsgefäss bringt eine schwächere Phosphorescenz zum Verschwinden und schwächt eine stärkere.

Breslau, den 18. August 1899.

(Eingegangen 19. Aug. 1899.)

Über Radium und Polonium.[1]

Von F. Giesel.

Die Arbeiten des Herrn und der Frau Curie haben gezeigt, dass sich aus Uran-Pecherz zwei äusserst radioaktive Substanzen gewinnen lassen. Dieselben unterscheiden sich chemisch dadurch, dass die eine Substanz beim Wismuth gefunden wurde, also ein Schwermetall ist, die andere aber in Gesellschaft mit Baryum auftritt und alle Reaktionen des Baryums giebt. Obgleich bis jetzt eine Reindarstellung nicht gelungen ist, glauben die französischen Forscher doch zwei neue Elemente, das Polonium und das Radium, annehmen zu müssen.

Ich habe bald nach der ersten Veröffentlichung von P. und S. Curie über Polonium Versuche angestellt, aus Produkten der Uransalzfabrikation den radioaktiven Körper zu gewinnen, was sehr aussichtsvoll schien, da bereits diese Rohprodukte die Ladung des Elektroskops zerstreuten, obgleich nicht Pechblende, sondern abweichende Erze das Ausgangsmaterial bildeten. Es gelang mir auch bald, eine geringe Menge einer Substanz zu gewinnen, die bereits den Baryumplatincyanür-Schirm zum Leuchten brachte, aber mit den Reaktionen des Poloniums nicht übereinstimmte, vielmehr wesentlich aus schwefelsaurem Baryt bestand. Zu gleicher Zeit erschien nun die zweite Abhandlung von P. und S. Curie über Radium, welche nun auch in der Pechblende denselben zweiten radio aktiven Körper aufgefunden hatten.

Poloniumhaltige Niederschläge habe ich später ebenfalls, besonders als grosse Erzquantitäten von der chemischen Fabrik de Häen in Hannover in dieser Richtung verarbeitet wurden, jedoch in weit geringerer Menge als Radium vorgefunden. Von letzterem Material erhielt ich aber auf diese Weise so viel (fast 1 kg), dass eine weitgehende Anreicherung durch Krystallisation möglich war. So konnte ich ein überaus wirksames Chlorid und Bromid herstellen; doch erwies sich dasselbe chemisch immer noch als Baryum.

Physikalisch unterscheidet es sich vom gewöhnlichen Baryum zunächst durch die sehr starke Becquerelstrahlung, die so bedeutend ist, dass z. B. das Schattenbild der Hand auf dem Schirm noch zu erkennen ist, wenn sich die Substanz 40—50 cm von demselben entfernt befindet. Auch alle anderen Stoffe, die in Röntgenstrahlen phosphorescieren, werden erregt. Dann zeigen die aktiven Salze Phosphorescenz in den eigenen Strahlen, die besonders stark bei den entwässerten Salzen hervortritt. Ein entwässertes aktives Baryumbromid leuchtet in der ganzen Masse ununterbrochen ohne vorherige Belichtung so stark in bläulichem Lichte, dass man dabei lesen kann. Diese Phosphorescenz ermüdet beim Erhitzen.

Wie zu erwarten stand, leuchtet auch ein aus aktivem Barytsalz dargestelltes Baryumplatincyanür. Die anfangs grünen Krystalle werden

[1] Die ausführliche Mitteilung erscheint in Wied. Ann.

wahrscheinlich durch die Einwirkung der eigenen Strahlen, nach 1—2 Tagen gelb, dann orange und schliesslich nach weiterer Zeit braun. Aus Wasser erneut krystallisiert, wird das braune Salz, welches noch den blauen Flächenschimmer aufweist, wieder zum ursprünglichen grünen regeneriert. Die anfangs stärkere Phosphorescenz wird mit zunehmender Verfärbung schwächer, dagegen die Becquerelstrahlung stärker.

Eine sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeit habe ich überhaupt bei den wasserlöslichen radiumhaltigen Barytsalzen gefunden. Frisch krystallisiert sind dieselben noch wenig aktiv. Die Wirksamkeit nimmt aber im Laufe einiger Tage bis Wochen zu, bis ein Maximum erreicht ist, um dann konstant zu bleiben. Umgekehrt giebt die frische Lösung in Wasser zunächst fast dieselbe Wirkung wie das feste Salz, aber schon nach 1—2 Tagen ist dieselbe so gut wie vollständig verschwunden. Das aus dieser Lösung wieder auskrystallisierte Salz erlangt allmählich wieder seine ursprüngliche Wirksamkeit.

Das Baryumchlorid, welches anfangs weiss ist, bekommt mit zunehmender Aktivität einen Stich ins Gelbliche. —

Das geringere zur Verfügung stehende Poloniummaterial gab leider nur sehr wenig einer Schwefelwasserstofffällung, die sich aber bereits in einem solchen Zustande der Reinheit befand, dass dieselbe an Wirksamkeit dem besten Radiumpräparat mindestens gleichkommt. Es ist zu hoffen, dass hier zuerst eine Isolierung des fraglichen Metalls erreicht werden wird.

Auffallend ist der Unterschied im Durchdringungsvermögen der von den beiden Stoffen ausgesandten Strahlen. Während die Radiumstrahlen noch bequem 1—2 cm dicke Metallplatten durchdringen, werden die Poloniumstrahlen schon durch Karton stark geschwächt und durch Metallplatten von 1—2 mm vollständig zurückgehalten.

Aus der Schwefelverbindung erhielt ich das Chlorid, dessen Lösung gelblich, etwa wie Platinchlorid, gefärbt war, und durch Elektrolyse hieraus das Metall als grauschwarzes Pulver, welches unter Druck Metallglanz annimmt. Alle diese Körper (auch die Lösung des Chlorides) sind annähernd gleich wirksam. Es scheint aber, dass die Schwefelverbindung mit der Zeit die Wirksamkeit verliert. Zwei ältere kleine Proben derselben sind nach Monaten vollkommen wirkungslos geworden.

(Eingegangen 24. Aug. 1899.)

Über die Beeinflussung der Diffusionsgeschwindigkeit von Elektrolyten durch gleichionige Zusätze.

Von R. Abegg und E. Bose.

Es ist bekannt, und folgt aus der Nernstschen Theorie[1]) der Konzentrationsketten, dass die Potentialdifferenz zwischen zwei Lösungen verschiedener Konzentration eines Elektrolyten mehr oder weniger vollständig verschwindet, wenn ein anderes Elektrolyt mit einem auch im ersteren vorhandenen Ion in **überall gleicher** Konzentration hinzugesetzt wird. Da ferner nach der Nernstschen Theorie der Diffusion[2]) von Elektrolyten diese Potentialdifferenz dazu dient, die Geschwindigkeit des beweglicheren Ions zu hemmen, die des langsameren zu vergrössern, d. h. ihre Geschwindigkeitsunterschiede zu beseitigen, so muss ein Verschwinden der Potentialdifferenz offenbar zur Folge haben, dass beide Ionen des verschieden konzentrierten Elektrolyten sich mit ihrer natürlichen (der elektrischen Wanderungsgeschwindigkeit proportionalen) Beweglichkeit durch Diffusion verschieben.

Diese Folgerung ist für unendlich grossen gleichionigen Zusatz einleuchtend richtig; denn wenn z. B. in unendlich konzentrierter KCl-Lösung eine sehr kleine Menge HCl diffundiert, so genügt eine unendlich geringe Verschiebung der vielen Cl'-Ionen in Richtung des Diffusionsgefälles, um den beweglicheren, also schneller diffundierenden $H^{\cdot}$-Ionen die äquivalente Quantität Cl' nachzufördern, soweit dies durch die osmotischen Kräfte nicht schon von selbst geschieht. Die Diffusion der HCl in überschüssigen Cl'-Ionen erfolgt also nahezu oder völlig entsprechend der Beweglichkeit des $H^{\cdot}$-Ions. Ganz analog wirkt ein Überschuss einer Säure auf geringe Mengen einer anderen diffundierenden Säure: Sind überall bereits sehr viele $H^{\cdot}$-Ionen vorhanden, so wird eine unendlich kleine, auf die Vorwärtsbewegung dieser $H^{\cdot}$-Ionen hemmend wirkende Potentialdifferenz die Äquivalenz derselben mit den langsameren Anionen der Säure aufrecht erhalten können, und somit die Bewegung der Anionen entsprechend wenig über ihre natürliche Beweglichkeit beschleunigt werden.

Dass thatsächlich eine Säure in ihrem Salz beschleunigt diffundiert, zeigt folgender leicht zu wiederholende Doppelversuch. Es wird in zwei langen Rohren sehr verdünnte HCl 1) unter phenolphtaleinhaltiges, durch eine geringste Spur Alkali gerötetes Wasser, 2) mit KCl gesättigt, unter phenolphtaleinhaltige, mit einer Spur Alkali gerötete starke KCl-Lösung geschichtet, und das Vorrücken der Grenze farblos-rot beobachtet, welche das Fortschreiten der

1) Nernst, Ztschr. physik. Chem. 4, 154. 1889.
2) Nernst, ibid. 2, 621. 1888.

$H^{\cdot}$-Ionen, d. h. der diffundierenden HCl bezeichnet. Dasselbe erfolgt in der KCl-Lösung so viel schneller, dass der Unterschied schon nach wenigen Stunden sehr auffällig ist.

Umgekehrt wirkt Säurezusatz auf die Diffusion einer anderen Säure stark hemmend, wie analog dem vorigen folgender Doppelversuch beweist: Verdünnte Chromsäure $H_2Cr_2O_7$ schichtet man 1) unter Wasser, 2) mit H_2SO_4 versetzt unter wässerige starke Schwefelsäure; das Fortschreiten der gelben Farbe zeigt die Bewegung der Cr_2O_7''-Ionen an, und dies geht im reinen Wasser sehr erheblich schneller als in der Säure.

Ganz analog, und in gleicher Weise zu erklären, ist eine erhebliche Diffusionsbeschleunigung, die Basen z. B. KOH, durch ihre Salze z. B. KCl, gegenüber reinem Wasser erfahren, was sich ebenfalls mit Hilfe eines Indikators leicht experimentell bestätigen lässt.

Bemerkenswert erscheint die Folgerung, dass in unendlich konzentrierten Lösungen ihrer Neutralsalze einerseits alle Säuren, andererseits alle Basen ceteris paribus mit derselben Geschwindigkeit diffundieren, also alle individuellen Beweglichkeitsunterschiede aufhören müssen, da ihre Beweglichkeit dann die der $H^{\cdot}$-, resp. OH'-Ionen wird.

Die vergrösserte Geschwindigkeit dieser Säure- resp. Alkalidiffusion hat Bein[1]) gelegentlich seiner Überführungsversuche bei der Elektrolyse von Alkalisalzen zwischen unangreifbaren Elektroden bereits wahrgenommen, so dass auch seine Beobachtungen zur Bestätigung obiger Überlegungen dienen können.

Bezüglich des Verlaufes solcher Diffusionen mit elektrolytischem Zusatz ist noch eine Bemerkung von Interesse: Ist der gleichmässig verteilte gleichionige Zusatz nicht in sehr grossem Überschuss im Verhältnis zu dem Diffusionskörper vorhanden, so wird die Potentialdifferenz zwischen den verschiedenen Konzentrationen des diffundierenden Elektrolyten einen endlichen Betrag besitzen: diese Potentialdifferenz wirkt nun in dem Sinne, dass sie das schnellere Ion des Diffusionskörpers gegen das Diffusionsgefälle treibt, aber auch gleichzeitig das entsprechende Ion des gleichmässig konzentrierten Zusatzes im selben Sinne fortbewegt; so müssen z. B. im Falle der in KCl-Lösung diffundierenden HCl die anfangs gleichmässig konzentrierten $K^{\cdot}$-Ionen beim Beginn der HCl-Diffusion nur infolge des elektrischen Potentials den $H^{\cdot}$-Ionen entgegengesetzt diffundieren, um erst später durch die so geweckten osmotischen Kräfte wieder auf gleiche Konzentration zurückgeführt zu werden.

Die Diffusion der $K^{\cdot}$-Ionen ist also hier kein aperiodischer Vorgang, sondern eine einmalige Oscillation.

Die Entwickelung der Gleichungen, welche den Einfluss eines gleichionigen Zusatzes auf die elektromotorische Kraft von Konzentrationsketten, und auf die Diffusionsgeschwindigkeit ausdrücken, soll an anderem Orte[1]) erfolgen. Als Resultat der Rechnungen sei nur folgendes mitgeteilt: Das Diffusionssystem enthalte an einem bestimmten Punkte des Diffusionsgefälles von dem diffundierenden Elektrolyten die (variable) Konzentration c, von dem gleichionigen gleichmässig verteilten Zusatz die Konzentration γ, und es sei die Beweglichkeit v die des gemeinsamen Ions, u diejenige des anderen Ions im Diffusionskörper, u' diejenige des anderen Ions im Zusatz, so ist das Verhältnis der diffundierenden Ionenmengen S von der Beweglichkeit u mit und ohne Zusatz (γ resp. o)

$$S_\gamma : S_0 = \frac{2v + (u' + v)\gamma/c}{u + v + (u' + v)\gamma/c} : \frac{2v}{u + v},$$

was $S_\gamma : S_0 = 1$ für $\gamma = o$, für $\gamma = \infty$ dagegen

$$S_\gamma : S_0 = \frac{u + v}{2v}$$ ergiebt.

Breslau, August 1899.

(Eingegangen 27. Aug 1899.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor A. Battelli.)

No. 1. A. Battelli und L. Magri. Über die Anoden- und Kathodenstrahlen.

In einer vom einen von uns im Nuovo Cimento[2]) veröffentlichten Mitteilung über die unipolaren elektrischen Ausströmungen war geschlossen worden, dass man in den Entladungsröhren zwei Arten von Strahlen unterscheiden muss: Anodenstrahlen und Kathodenstrahlen. Später von uns angestellte Versuche geben interessante Aufschlüsse und führen zu einer genaueren Kenntnis des Phänomens.

Wir suchten die Natur und die Stärke der Wirkung der einen und der anderen Strahlen in solcher Weise zu vergleichen, dass sich daraus irgendwie strengere Schlüsse über das Verhalten der Strahlen ziehen lassen möchten.

In allen folgenden Versuchen überstieg der Druck in den Röhren niemals ein halb Millimeter Quecksilber.

Wirkung eines magnetischen Feldes: Das magnetische Feld schied das Effluvium in zwei

1) Bein, Ztschr. physik. Chem. 27, 3. 1898.

1) Ztschr. physik. Chem.
2) Nuov. Cim. (4) 7, S. 81.

Teile. Der eine, welcher die Fluorescenz des Glases erregt, wird in derselben Weise abgelenkt, wie die gewöhnlichen Kathodenstrahlen. Der andere, die Aureole, erleidet eine verwickeltere Veränderung, er zieht sich unter dem Einflusse des magnetischen Feldes zunächst zu einem engen Bündel zusammen, und dieses wird dann auf einer gewissen Strecke vor dem Magneten abgelenkt.

Oxydierende und reduzierende Wirkungen: Die bei diesen Versuchen benutzten Röhren hatten die Gestalt von Fig. 1, in der *D* ein Kupferscheibchen ist, *OO* sind zwei kleine Arme aus Glas. Verbindet man die Elektrode *E* mit dem positiven oder negativen Pole der Elektrisiermaschine, so hat man bei nicht zu hohen Verdünnungen eine recht starke oxydierende Wirkung, und der Schatten der gläsernen Hindernisse *OO* erscheint weniger oxydiert und mit unscharfer Begrenzung. Dieser Schatten lässt sich nur bei kleinem Abstande von *D* und *O*

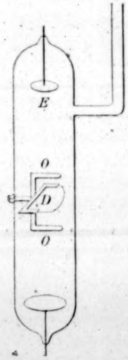


Fig. 1.

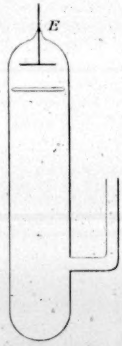


Fig. 2.

beobachten. Steigert man die Verdünnung, so wird der Schatten schärfer, die oxydierende Wirkung nimmt ab. Bei sehr hoch getriebener Verdünnung hat das Rohr fast das Aussehen, als ob es bipolar erregt und die Scheibe *E* Kathode wäre. In diesem Falle haben wir noch eine ganz schwache oxydierende Wirkung, und die Oxydation ist grösser im Schatten als an den übrigen Stellen der Scheibe.

So warf sogar ein vor der Elektrode *E* Fig. 2 angebrachtes Hindernis auf die Elektrode einen Schatten.

Diese Versuche und diejenigen über die magnetische Ablenkung zeigen deutlich, dass in den unipolaren Effluvien zwei Arten von Strahlen existieren, die Kathodenstrahlen, die negativ geladen sind und denselben Anblick wie die gewöhnlichen Kathodenstrahlen bieten, die Rohrwand zur Fluorescens erregen und reduzierende Wirkung besitzen; und die Anodenstrahlen, welche positiv geladen sind und oxydierend wirken.

Von den unipolaren Effluvien mitgeführte elektrische Ladungen: Zum besseren Studium der Natur der von den unipolaren Ausströmungen mitgeführten elektrischen Ladungen haben wir uns eines Glasrohres *T* (Fig. 3) bedient, an dessen einem Ende die Elektrode *E* eingeschmolzen war. An das andere Ende

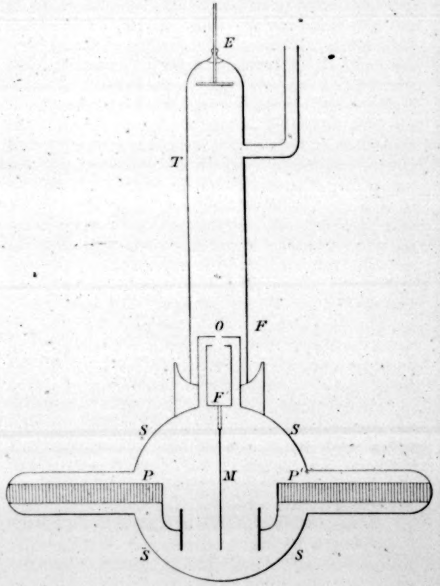


Fig. 3.

setzte sich eine Messingkugel *SS* an. Sie trägt einen ebenfalls messingenen Cylinder *F*, der oben durch eine Scheibe geschlossen wird, in deren Mitte ein Loch *O* angebracht ist. Im Innern dieses Cylinders befindet sich koaxial mit ihm der kleine Faradaysche Cylinder *F'* und ist Träger des Aluminiumblattes *M*. Das Aluminiumblatt hängt zwischen den beiden Polen einer zambonischen Säule *PP* herab. Es bildet ein empfindliches Elektroskop, das vollständig geschützt vor irgendwelchen äusseren elektrostatischen Einflüssen ist.

Wenn die Elektrode *E* mit dem einen oder anderen Pole der Maschine verbunden wird und das Loch *O* offen ist, so zeigt bei genügend hohem Vakuum das Blatt *M* bald eine positive,

bald eine negative Ladung an, je nachdem positives oder negatives Effluvium durch das Loch eindringt.

Schliessen wir das Loch O mit einer sehr dünnen Aluminiumfolie, die sorgsam lochfrei ausgesucht ist, so bekommen wir immer eine negative Ladung, mag die Elektrode E mit dem positiven oder mit dem negativen Pole der Elektrisiermaschine verbunden sein. Dies bei hoher Verdünnung; bei geringeren Verdünnungsgraden erhielten wird keine Ladung.

Setzt man statt der Elektrode E vielmehr die Kugel S mit der Maschine in Verbindung, so zeigt bei offenem Loche O und hoher Verdünnung das Blättchen M in jedem Falle elektrische Ladung an von vorwiegend positivem Vorzeichen, nach Verschluss der Öffnung O mit Aluminiumfolie hat man keine Ladung. Mit Ablenkung der Strahlen durch einen starken Elektromagneten verschwindet jedes Ladungsanzeichen an dem Aluminiumblatte M.

Um zu verhindern, dass die an den Polen der Maschine stattfindenden Entladungen oscillatorisch verlaufen könnten, wurde die Maschine bei all diesen Versuchen mit einem Kondensator und einem Flüssigkeitswiderstande verbunden.

Mit bipolaren Entladungen, wobei E und die Kugel S Elektroden waren, trat bei freiem Loche O negative Ladung auf, sobald E Kathode, positive, sobald E Anode war.

Schliesst man die Öffnung O vollkommen mit Aluminiumfolie, so erhält man negative Ladung, solange E Kathode ist, keine Ladung, wenn es als Anode dient. Dies beweist, dass die Angaben des so gebildeten Elektroskops zuverlässig sind.

Elektrostatische Wirkungen auf die unipolaren Ausströmungen: In einem birnförmigen Rohre von sehr weit getriebener Verdünnung und mit dem üblichen Kreuze sieht man den Schatten dieses Kreuzes schön scharf, wenn die Kathode mit einer kräftigen Elektrisiermaschine verbunden wird. Welches Vorzeichen der an die Kathode angelegte Pol auch hat, sobald man dem Träger des Kreuzes den positiven Pol einer zweiten Elektrisiermaschine nähert (die Entfernung muss gross genug bleiben, dass keine Entladungen eintreten), so zieht sich der Schatten des Kreuzes zusammen, das heisst, die Fluorescenz erregenden Strahlen werden angezogen; wenn man umgekehrt den Pol berührt, so vergrössert sich der Schatten des Kreuzes oder die Strahlen werden abgestossen.

Benutzt man zur Ausübung der elektrostatischen Wirkung dieselbe Elektrisiermaschine, die das Rohr erregt (wie das in der oben citierten Mitteilung geschehen war), so wird der Schatten des Kreuzes angezogen oder abgestossen, je nachdem der elektrisierte Leiter mit demselben Pole wie das Rohr verbunden ist, oder mit dem anderen. Es tritt dies ein, da im Rohr und auf dem Leiter gleichzeitig dieselben Potentialschwankungen stattfinden.

Diese Experimente zeigen, dass man in einem Entladungsrohre zwei Arten von Strahlen hat, eine anodische und eine kathodische; die erste von den Teilen höheren Potentials, die zweite von den Teilen niedrigeren Potentials ausgehend. In gewöhnlichen Entladungsröhren sind alle Rohrteile, einschliesslich die Anode, positiv geladen gegenüber der Kathode; demgemäss geben sie Anodenstrahlen, und die Kathode giebt immer Kathodenstrahlen.

Hat man es dagegen mit unipolaren Entladungen zu thun, wo ein Wechsel des Potentials zwischen den Wänden und der Elektrode stattfindet, so gehen von der Elektrode abwechselnd Anoden- und Kathodenstrahlen aus. Dies zeigen klar die Untersuchungen über die Oxydation (die auch dort eintritt, wo Fluorescenz erregt wird), dies zeigen die Versuche über die elektrostatische Ladung und diejenigen über die magnetische Ablenkung.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Th. Des Coudres.)

(Eingegangen 27. Aug. 1899.)

Über die Masse der Träger der negativen Elektrisierung in Gasen von niederen Drucken.

Von J. J. Thomson.

In Philos. Mag. Nov. 1897 habe ich eine Bestimmung des Verhältnisses m/e mitgeteilt, wo m die Masse, e die Ladung des Trägers der Strömung negativer Elektrisierung ist, welche die Kathodenstrahlen bilden. Die Ergebnisse der in dieser Mitteilung beschriebenen Versuche, welche sich in vollkommener Übereinstimmung mit den später von **Lenard** und **Kaufmann** gefundenen Resultaten befinden, zeigen, dass der Wert jenes Verhältnisses sehr viel kleiner ist, als der Wert der entsprechenden Grösse bei der Elektrolyse von Flüssigkeiten, und legen die Vermutung nahe, dass auch die Masse des Trägers der negativen Elektricität in verdünnten Gasen sehr viel kleiner ist, als die Masse eines Ions bei der gewöhnlichen Elektrolyse. Da wir indessen in diesem Falle nicht den Wert einer der beiden Grössen m oder e gesondert bestimmen, sondern nur ihr Verhältnis m/e, so kann man einwerfen, dass die Kleinheit dieses Verhältnisses ebensogut der Ladung des Trägers in dem verdünnten Gase zugeschrieben werden kann, die viel grösser sei als die des elektrolytischen Ions, ohne dass die Masse kleiner zu sein braucht.

Ich habe mich kürzlich mit einigen Versuchen über die Strömung negativer Elektrisierung bei sehr niederen Drucken beschäftigt, welche auftritt, wenn ultraviolettes Licht auf eine negativ geladene Metallplatte fällt. In diesem Falle können wir ebensogut den Wert von e wie von m/e bestimmen. Diese Versuche haben zu dem Resultat geführt, dass der Wert von m/e für die durch ultraviolette Bestrahlung hervorgerufene Entladung derselbe ist, wie für die Kathodenstrahlen, während die Untersuchung von e zeigt, dass die Ladung dieselbe ist wie die, welche durch ein Wasserstoffion bei der gewöhnlichen Elektrolyse übergeführt wird, so dass für diesen Fall der klare Beweis erbracht ist, dass die Masse des Trägers im Verhältnis zu der eines Wasserstoffions sehr klein ist. Bei der Überführung negativer Elektrisierung bei niederen Drucken sind also Träger vorhanden, deren Masse sehr viel kleiner ist als die eines Wasserstoffions, der kleinsten Masse, die man bisher erforscht hatte. Das Vorhandensein von negativer Elektrisierung hat in diesem Falle eine Spaltung des Atoms zur Voraussetzung, da wir ja einen wenn auch nur kleinen Bruchteil der Gesamtmasse weggenommen haben.

Ich habe den Wert von m/e auch bei einer anderen Art von negativer Elektrisierung bei niederem Drucke bestimmt, nämlich für den Fall eines negativ geladenen Glühlampenkohlenfadens in einer Wasserstoffatmosphäre. Ich finde ihn auch in diesem Falle eben so gross wie bei den Kathodenstrahlen und wie bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte.

Die angewandte Methode, den Wert von m/e zu bestimmen, stützte sich auf die Wirkung, welche ein magnetisches Feld auf die Zerstreuungsgeschwindigkeit negativer Elektrisierung ausübt. Elster und Geitel haben gezeigt, dass für die Fälle des ultravioletten Lichtes und des Glühlampenkohlenfadens diese Geschwindigkeit durch das magnetische Feld vermindert wird. Wir wollen dieses Verhalten von dem Gesichtspunkte aus betrachten, dass die Elektrisierung durch Teilchen wegbefördert wird, die mit negativer Elektricität versehen sind. Es lässt sich leicht beweisen, dass die Bahn eines solchen Teilchens, welches von der Ebene $x=0$ ausgeht und sich in einem gleichförmigen, der x-Achse parallelen elektrischen Felde von der Intensität X bewegt, während gleichzeitig eine gleichförmige, zur z-Achse parallele magnetische Kraft H auf dasselbe wirkt, eine Cykloide in der xy-Ebene sein wird. Der Durchmesser des die Cykloide erzeugenden Kreises ist $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$, die Linie, auf der derselbe rollt, ist $x=0$, $z=$ const. Bei dieser Ableitung ist angenommen, dass der Druck so niedrig ist, dass die mittlere freie Weglänge der Teilchen gross ist im Vergleich zu der von ihnen während der Beobachtung zurückgelegten Entfernung.

Nehmen wir jetzt an, wir hätten eine dem ultravioletten Lichte ausgesetzte Metallplatte AB, und zwischen ihr und einer zweiten Platte CD bestände eine elektrische Potentialdifferenz. CD habe das höhere Potential und sei so durchbohrt, dass das Licht durch sie hindurchwirken kann. Wenn CD im Vergleich zu AB gross ist, und kein magnetisches Feld wirksam ist, so werden sich alle negativen Teilchen, welche von AB ausgehen, längs der elektrischen Kraftlinien fortbewegen und nach CD gelangen. Wir wollen jetzt annehmen, dass ein magnetisches Feld rechtwinklig zu den Linien der elektrischen Kraft erzeugt werde. Dann werden jetzt die elektrisierten Teilchen Cykloide beschreiben; sie werden eine Entfernung von $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ von der Ausgangsplatte erreichen, in dieser Entfernung umkehren und sich der Platte wieder nähern. Ist also die Entfernung zwischen den Platten CD und AB kleiner wie $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$, so wird jedes Teilchen, welches AB verlässt, auch CD erreichen, vorausgesetzt, dass CD weit genug überragt, um zu verhindern, dass Teilchen an einer Seite vorbeikommen können. In diesem Falle wird das magnetische Feld die Zerstreuungsgeschwindigkeit nicht vermindern. Wenn andererseits die Entfernung zwischen den Platten grösser wie $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ ist, wird ein von AB ausgehendes Teilchen zurückkehren, ehe es auf CD gelangte, wird CD also niemals erreichen. In diesem Falle wird die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch das magnetische Feld vermindert. Wenn somit diese Betrachtungsweise der Wirkung des magnetischen Feldes richtig ist, würden wir beim schrittweisen Vergrössern der Entfernung zwischen den Platten folgende Erscheinungen beobachten: Wenn die Platten einander berühren, wird die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch das magnetische Feld nicht berührt; wenn die Entfernung zwischen ihnen gleich $2\,Xm/e\,\mathrm{H}^2$ ist, fängt das magnetische Feld an, die Zerstreuungsgeschwindigkeit zu vermindern. Messen wir daher die Entfernung zwischen den Platten, bei der das magnetische Feld zu wirken beginnt, und kennen wir die Werte von X und H, so können wir den Wert von m/e bestimmen. Die Ergebnisse derartig angestellter Versuche ergaben für ultraviolettes Licht $e/m = 7 \cdot 10^6$ abgerundet, für den Glühlampenkohlenfaden in Wasserstoff $e/m = 8 \cdot 10^6$ abgerundet. Diese Zahlen sind von derselben Grössenordnung wie der Wert $5 \cdot 10^6$, den ich durch meine früheren Messungen für die Kathodenstrahlen gefunden habe. Der Druck war bei diesen Versuchen 0,01 *mm* Quecksilber.

Die Ladung des Ions in dem Falle einer durch ultraviolettes Licht hervorgerufenen negativen Elektrisierung bestimmte ich nach der

Methode, die ich auch zur Bestimmung der Ladung auf den Ionen angewendet habe, welche durch Röntgenstrahlen gebildet werden. (Phil. Mag. Dec. 1898.) Der Wert von e im Falle des ultravioletten Lichtes war ungefähr $7 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten; das ist praktisch dieselbe Ladung wie auf den durch Röntgenstrahlen erzeugten Ionen. Da Herr Townsend gezeigt hat, dass die Ladung eines durch Röntgenstrahlen erzeugten Ions dem Betrage nach dieselbe ist, wie die Ladung des Wasserstoffions bei der Elektrolyse, so folgt, dass die Differenz zwischen $7 \cdot 10^6$ (dem Werte von e/m für negative Elektrisierung in verdünnten Gasen) und 10^4 (dem Werte dieser Grösse bei gewöhnlicher Elektrolyse) der Differenz in dem Werte von m und nicht in dem von e zugeschrieben werden muss. Oder mit anderen Worten: Die Masse des Trägers der negativen Elektrisierung in hochverdünnten Gasen ist nur etwa $^1/_{700}$ der Masse des Wasserstoffions.

Nur die negative Elektrisierung ist mit diesen sehr kleinen Massen verbunden. Für positive Elektrisierung bei den Kanalstrahlen hat W. Wien gezeigt, dass e/m von derselben Grössenordnung ist, wie bei der gewöhnlichen Elektrolyse. Im anderen Falle, wenn wir positive Ionen in einem Gase bei niederem Druck haben, z. B. einen Platinglühlampendraht in Luft oder Sauerstoff, muss die Masse der Träger sehr viel grösser sein, als die der Träger negativer Elektrisierung. Denn Elster und Geitel haben gezeigt, dass dann, wenn die Elektrisierung durch positiv geladene Teilchen befördert wurde, die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch magnetische Felder nicht vermindert wurde, obschon dieselben Felder grosse Verminderungen bewirkten, wenn die Elektrisierung durch negativ geladene Träger fortgetragen wurde. Einige vorläufige Versuche mit sehr starken magnetischen Feldern, welche ich kürzlich begonnen habe, zeigen, dass die Masse der positiv geladenen Träger in diesem Falle zum mindesten von der Grössenordnung des gewöhnlichen Atoms ist.

Diese und andere Ergebnisse legen die Annahme nahe, dass die Ionisierung eines Gases in der Ablösung eines „Korpuskels" von dem Atom besteht: Dieses Korpuskel ist das negativ geladene Ion, dessen Masse und Ladung oben gefunden sind. Das Korpuskel befördert die negative Ladung, während der zurückgebliebene Teil des Atoms das positive Ion ist, welches die Einheit der positiven Ladung befördert und eine nahezu gleiche Masse hat wie das ursprüngliche Atom. Elektrisierung setzt unter diesem Gesichtspunkte ein Zersplittern des Atoms voraus; ein Teil der Masse des Atoms ist im stande frei zu werden und sich von dem ursprünglichen Atom abzusondern. Ein positiv elektrisiertes Atom ist von diesem Standpunkt aus ein solches, welches etwas von seiner „freien Masse" verloren hat, und diese „freie Masse" findet man in der entsprechenden negativen Ladung wieder. Änderungen der elektrischen Ladung eines Atoms werden durch Korpuskeln veranlasst, welche sich von dem Atom entfernen, wenn seine positive Ladung vergrössert wird, oder durch Korpuskeln, welche sich zu dem Atom hinbewegen, wenn seine negative Ladung vergrössert wird. Die Korpuskeln sind gleichsam die „Vehikel", durch die Elektricität von einem Atom zum anderen befördert wird. (Eingegangen 1. September 1899.)

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

VORTRÄGE ETC.

Über Ionenwanderung in Gasen.

Von W. Kaufmann.

(Probevortrag, gehalten vor der Göttinger philosophischen Fakultät am 12. August 1899.)

Hochverehrte Anwesende!

Im Laufe der letzten Jahre hat sich mehr und mehr die Anschauung Bahn gebrochen, dass es möglich sein müsse, die Erscheinungen der Elektricitätsleitung in Gasen in ganz ähnlicher Weise, wie dies für Flüssigkeiten schon längst geschehen ist, durch die Bewegung geladener Massenteilchen, sogenannter Ionen, zu erklären, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass die Ionen eines Gases durchaus identisch sein müssten mit den Ionen desselben Stoffes in einem flüssigen Elektrolyten.

Diese, in präciser Form wohl zuerst von W. Giese[1]) ausgesprochene und später von A. Schuster,[2]) S. Arrhenius,[3]) J. Elster und H. Geitel,[4]) A. Föppl[5]) u. a. weiter ausgeführte

1) W. Giese, Wied. Ann. 17, 1; 1882. ibid. 17, 236; 1882. ibid. 37, 576; 1889. ibid. 38, 403; 1889.

2) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 37, 317; 1884. ibid. 47, 526; 1890.

3) S. Arrhenius, Wied. Ann. 32, 565; 1887. ibid. 33, 638; 1888

4) J. Elster und H. Geitel, Wied. Ann. 37, 315; 1889; ibid. 38, 27; 1889.

5) A. Föppl, Wied. Ann. 34, 222; 1888.

theoretische Anschauung hat neuerdings eine weitgehende Bestätigung erfahren durch die quantitative Untersuchung derjenigen Erscheinungen, welche auftreten, wenn Gase durch Bestrahlung mit Röntgen-, Uran- oder ultraviolette Strahlen leitend gemacht werden. Diese Art der Leitung hat für die Untersuchung vor derjenigen in verdünnten Gasen den grossen Vorzug, dass es ein vom Strome selbst völlig unabhängiger Vorgang ist, der die Leitfähigkeit des Gases erzeugt, und dass deshalb jede, noch so kleine EMK. im stande ist, einen Strom im Gase hervorzubringen. Ausserdem würde man bei einem stark verdünnten Gase jedenfalls nicht berechtigt sein, die Geschwindigkeit der Ionen proportional der elektrischen Kraft zu setzen, vielmehr müsste man hier die Beschleunigung in die Gleichungen einführen, wodurch grosse Schwierigkeiten für die Rechnung entstehen.

Es könnte nun den Anschein haben, als ob in den obengenannten Fällen, wo durch eine äussere Einwirkung eine bestimmte Anzahl von Ionen im Gase erzeugt wird, also ein bestimmter Dissociationsgrad entsteht, die Erscheinungen ganz so verlaufen müssten, wie in einem flüssigen Elektrolyten mit unlöslichen Elektroden, z. B. HCl zwischen Pt-Elektroden, abgesehen natürlich von der im Gase nicht beobachtbaren Ausscheidung der Produkte der Elektrolyse. Man müsste also eine proportional der EMK. wachsende Stromstärke erwarten. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall, vielmehr steigt der Strom stets nur bis zu einem gewissen Grenzwert, der durch keine noch so grosse EMK. gesteigert werden kann. Diese merkwürdige Erscheinung wird sofort klar, wenn man die Bedingungen für das Dissociationsgleichgewicht näher untersucht.

Wir haben es in beiden Fällen, in der Flüssigkeit, wie im Gase, mit einem sogen. beweglichen Gleichgewicht zu thun, bei welchem in jedem Moment ebensoviel Ionen erzeugt werden, wie verschwinden. Betrachten wir den einfachsten Fall, den Zerfall eines Moleküls in zwei einwertige Ionen, so ist die Gleichgewichtsbedingung

1) $$o = q - \alpha n^2,$$

wobei q die Zahl der pro Sek. in der Volumeinheit erzeugten, αn^2 die Zahl der gleichzeitig verschwindenden Ionen, n ihre Konzentration, α eine Konstante bedeutet. (Hier wie im folgenden werde die Zahl der Ionen stets ausgedrückt durch die ihnen äquivalente Elektricitätsmenge.)

Wenn nun das dissociierte Volumen von einem elektrischen Strome J durchflossen wird, so werden durch diesen pro Sek. J Ionen zerstört, und es lautet die Gleichgewichtsbedingung:

2) $$o = \int q\,dv - \alpha \int n^2 dv - J,$$

wobei die Integrale über den ganzen vom Strome durchflossenen Raum auszudehnen sind.

Da nun das erste Glied von J völlig unabhängig, das zweite stets positiv ist, so kann J niemals grösser werden als $\int q\,dv$, d. h. als die Gesamtzahl der pro Sek. erzeugten Ionen.

Dass ein derartiger Sättigungsstrom in einer Flüssigkeit bisher niemals beobachtet wurde, liegt einfach an dem grossen Wert von q, d. h. an der ungeheuer grossen Reaktionsgeschwindigkeit in dem flüssigen Elektrolyten. (Es wäre vielleicht trotzdem ganz interessant, nach geeigneten Elektrolyten zu suchen, welche, wenn auch keinen Sättigungsstrom, so doch eine langsamere Zunahme des Stromes zeigen, als dem Ohmschen Gesetz entspricht.)

Es ergiebt sich ferner für ein leitendes Gas folgende merkwürdige Thatsache:

Betrachtet man einen Kondensator von dem Querschnitt F, der Länge l, und setzt

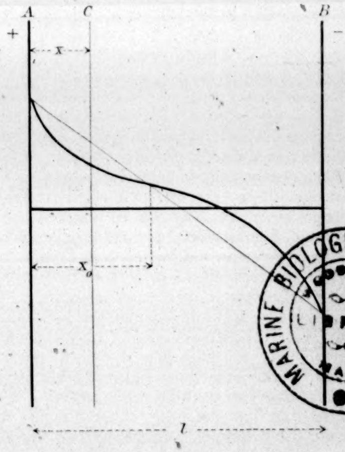
$$\int q\,dv = q\,Fl$$
$$J_{max} = j_{max}\,F,$$

so folgt für die Sättigungsstromdichte:

3) $$j_{max} = q\,l,$$

d. h. der Strom nimmt mit zunehmendem Plattenabstand zu, ein sehr paradoxes Resultat, das jedoch von der Erfahrung durchaus bestätigt wurde.

Eine weitere Thatsache, die aus der Theorie unmittelbar abzuleiten ist, ist das Auftreten gewisser Polarisationserscheinungen: (Fig.)



MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE MASS.

Es seien A und B die beiden Kondensatorplatten, A die Anode, B die Kathode. Es werde eine Ebene C im Abstande x von der Anode betrachtet, die durch dieselbe hindurch-

tretende Anzahl + Ionen ist, Sättigungsstrom vorausgesetzt:

$$q\,Fx,$$

die entsprechende Anzahl — Ionen beträgt:

$$q\,F\,(l-x).$$

Bezeichnet man mit $X = -\frac{d\Phi}{dx}$ das Potentialgefälle an dem betrachteten Punkte, mit k_1 und k_2 die Beweglichkeit des + resp. — Ions, d. h. seine Geschwindigkeit im Potentialgefälle = Eins, mit n_1 resp. n_2 die Jonenkonzentration, so ist:

$$k_1\, n_1\, X = q\, Fx$$
$$k_2\, n_2\, X = q\, F\,(l-x)$$

oder

4) $$n_1 - n_2 = \frac{q\,F}{X}\left(\frac{x}{k_1} - \frac{l-x}{k_2}\right).$$

Es muss also in genügend kleinem Abstande von jeder Elektrode stets ein Überschuss von Ionen der entgegengesetzten Art, d. h. eine räumliche Ladung, vorhanden sein. Nun ist aber nach der Poissonschen Gleichung:

5) $$4\,\pi\,(n_1 - n_2) = \frac{dX}{dx} = -\frac{d^2\Phi}{dx^2}.$$

Daraus folgt für den Potentialverlauf zwischen den beiden Platten, der ohne Bestrahlung annähernd geradlinig ist, eine Kurve von der in der Figur dargestellten Form. Die Asymmetrie rührt von der verschiedenen Wanderungsgeschwindigkeit beider Ionenarten her; der Wendepunkt der Kurve $\left(\frac{d^2\Phi}{dx^2} = o, \text{ also } n_1 = n_2\right)$ ist nach 4) durch die Gleichung:

6) $$\frac{x_0}{l-x_0} = \frac{k_1}{k_2}$$

gegeben.

Kurven dieser Art sind von C. D. Child[1]) und J. Zeleny[2]) thatsächlich beobachtet worden. Es ergiebt sich aus ihnen für Luft eine etwas grössere Geschwindigkeit des — Ions.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen will ich nunmehr zu der Besprechung derjenigen Arbeiten übergehen, welche die numerische Bestimmung der Grössen k_1 und k_2, d. h. der Wanderungsgeschwindigkeiten zum Ziele haben. Die hier zu besprechenden Untersuchungen sind alle im Laboratorium zu Cambridge von J. J. Thomson und seinen Schülern: E. Rutherford, Mc Clelland und J. Zeleny ausgeführt worden. Die betreffenden Arbeiten zeichnen sich alle durch sehr geistreich erdachte Methoden aus; dagegen ist das mitgeteilte Zahlenmaterial sehr unvollständig; es werden fast stets nur die Endresultate angegeben, so dass es kaum möglich ist, sich ein Urteil über die erreichte oder erreichbare Genauigkeit zu bilden.

1) C. D. Child. Wied. Ann. 65, 152; 1898.
2) J. Zeleny, Phil. Mag. (5) 46, 121; 1898.

Ich muss mich hier damit begnügen, die benutzten Methoden kurz zu skizzieren.

Ist keine EMK. angelegt, so ist die Ionenkonzentration durch die Gleichung gegeben:

7) $$n = \sqrt{\frac{q}{a}}.$$

n lässt sich dadurch bestimmen, dass durch einen Pendelunterbrecher kurz hintereinander zuerst die Bestrahlung unterbrochen wird, und dann durch Anlegen einer sehr hohen EMK. sämtliche in diesem Augenblicke vorhandenen Ionen in einen Messkondensator entladen werden. Ist Q die in letzterem aufgefangene Elektricitätsmenge, so ist

8) $$n = \frac{Q}{Fl}$$

(die Bedeutung der Zeichen s. w. o.).

Legt man andererseits eine sehr kleine EMK. an, so dass n durch den Strom ausser in unmittelbarer Nähe der Elektroden nicht merklich geändert wird, so ist die entstehende Stromdichte:

9) $$j = n\,(k_1 + k_2)\,\frac{E}{l},$$

wobei E die Potentialdifferenz der Platten. Aus den Gleichungen 8) u. 9), die lauter beobachtbare Grössen enthalten, ist $(k_1 + k_2)$ ohne weiteres berechenbar.

In der folgenden Tabelle stehen die von E. Rutherford[1]) erhaltenen Werte für $(k_1 + k_2)$. (Doch lauten die Werte etwas anders, als sie der Verfasser selbst angiebt, infolge eines Rechenfehlers des letzteren.)

Tabelle I.

Gas	(k_1+k_2)	M (Mol.-Gew.)	$(k_1+k_2)\sqrt{M}$
H_2	12,7	2	17,9
O_2	2,47	32	14
N_2 (Luft)	2,88	28	15,3
CO_2	2,07	44	13,6
SO_2	0,912	64	7,3
Cl_2	1,9	70	15,7
HCl	2,61	36	15,6.

Wie aus der dritten und vierten Spalte der Tabelle hervorgeht, besteht zwischen den Beweglichkeiten und den Molekulargewichten eine höchst einfache Beziehung, indem — mit Ausnahme von SO_2 — die Beweglichkeit umgekehrt proportional der Wurzel aus dem Molekulargewicht ist. Diese Gesetzmässigkeit, die dem Verfasser offenbar gänzlich entgangen ist, ist von mir ganz zufällig aufgefunden worden; ich glaube, dass man sie als eine indirekte Bestätigung für die Güte der ausgeführten Messungen betrachten kann.

Die obigen Zahlen stellen die Summe beider Beweglichkeiten dar. Um k_1 und k_2 einzeln zu bestimmen, bedarf es noch einer zweiten Messung;

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (5) 44, 422; 1897.

eine solche ist von J. Zeleny[1]) ausgeführt worden und zwar bestimmte dieser das Verhältnis k_2/k_1 nach einer Methode, die mir zwar nicht ganz einwandsfrei zu sein scheint, welche jedoch jedenfalls angenähert richtige Werte ergiebt. Verfasser blies nämlich Luft in Richtung der elektrischen Kraft durch die in diesem Falle aus einem Drahtnetz bestehenden Elektroden hindurch und regulierte die elektrische Kraft für positive resp. negative Ladung der einen Platte so, dass bei konstant gehaltener Strömungsgeschwindigkeit gleichviel + oder — Elektricität in die andere Platte einströmte. Die hierzu nötigen Potentialdifferenzen verhalten sich umgekehrt wie die Beweglichkeiten. Verfasser fand folgende Resultate:

Tabelle II.

Gas	k_2/k_1
Luft	1,24
N_2	1,23
O_2	1,24
H_2	1,14
Leuchtgas	1,15
CO_2	1,00
NH_3	1,045
C_2H_2	0,985
N_2O	1,105

Auf einige sehr hübsche Demonstrationsexperimente zum Nachweise der für Luft verschiedenen, für CO_2 gleichen Beweglichkeit beider Ionen kann hier nur hingewiesen werden.

Von grossem Interesse ist nun die Frage, ob die Natur der Ionen verschieden ist oder dieselbe, wenn sie durch verschiedene Ursachen erzeugt werden. E. Rutherford[2]) hat deshalb auch für Luft, welche durch ultraviolette Strahlen leitend gemacht ist, die Wanderungsgeschwindigkeit untersucht. Das ultraviolette Licht wirkt bekanntlich nicht direkt auf ein bestrahltes Gas ein, sondern nur durch Bestrahlung einer negativ geladenen Grenzschicht; es gelangen deshalb nur negative Ionen in das Gas.

Die Methode zur Bestimmung der Beweglichkeit war folgende:

Einem durch eine sinusförmig verlaufende EMK. geladenen Drahtnetz stand eine mit einem Elektrometer verbundene Platte gegenüber, welche durch das Netz hindurch bestrahlt wurde. Die Ionen, welche nur während der positiven Halbschwingung, d. h. negativen Influenzierung der Platte, in das Gas gelangen, vermögen während dieser Zeit nur einen ganz bestimmten, von der Amplitude der angewandten EMK. und der Beweglichkeit abhängigen Weg zurückzulegen; wenn das Drahtnetz weiter entfernt ist als diese Strecke, so kehren sie sämtlich zu der Platte zurück und das Elektrometer bleibt in Ruhe. Ist dagegen die Entfernung kürzer, so tritt ein Teil der Ionen in das Drahtnetz, und die Platte nimmt eine allmählich steigende positive Ladung an.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate für drei Gase von 760 mm Druck angegeben:

Tabelle III.

Gas	k_2 (Ultraviol.)	k_2 (X-Strahlen)
Luft	1,6	1,59
H_2	5,2	5,8
CO_2	1,07	1,03

Die durch ultraviolettes Licht erzeugten Ionen haben also dieselbe Beweglichkeit wie die durch X-Strahlen erzeugten. Für niedrigere Drucke bis 34 mm fand Verfasser die Beweglichkeit genau umgekehrt proportional dem Drucke. Auch für die durch Uranstrahlen erzeugten Ionen hat E. Rutherford[1]) dieselbe Beweglichkeit gefunden.

Ganz andere, und zwar viel kleinere Werte fand Mc. Clelland[2]) in Flammengasen; seine Zahlen stimmen dagegen leidlich mit den schon viel früher von S. Arrhenius[3]) gefundenen Zahlen für in Flammen leitende Salzdämpfe; es liegt die Vermutung nahe, dass bei der Leitung der Flammengase nicht die gasförmigen Verbrennungsprodukte (CO_2 und H_2O) die Leitung bedingen, sondern metallische (z. B. *Na*-) Ionen, die ja bei einer in freier Luft brennenden Flamme stets vorhanden sind.

Zum Schlusse mag noch eine von J. J. Thomson[4]) ausgeführte Untersuchung hier erwähnt werden, welche den Zweck hatte, den absoluten Wert der Ladung eines einzelnen Ions zu bestimmen. Es würde zu weit führen, die sehr geistreich erdachte Methode hier zu beschreiben, es sei deshalb nur das Resultat angegeben: Verfasser fand für die Ladung eines einzelnen Stickstoff- und ebenso für die eines Wasserstoff-Ions den Wert von etwa:

$$6 \text{ bis } 7 \times 10^{-10}$$

elektrostatischen Einheiten, einen Wert, der der Grössenordnung nach ganz gut mit dem übereinstimmt, den nach der kinetischen Gastheorie ein elektrolytisches Ion im Gaszustande haben müsste.

1) J. Zeleny, l. c.
2) E. Rutherford, Proc. Cambr. Soc. 9 (8) 401; 1898.

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (5) 47, 109; 1899.
2) Mc. Clelland, Phil. Mag. (5) 46, 29; 1898.
3) S. Arrhenius, Wied. Ann. 42, 18; 1891.
4) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46, 528; 1898.

REFERATE.

Techn. Mechanik u. Maschinenlehre.

Besorgt von Prof. **E. Meyer.**

A. Stodola, das Siemenssche Regulierprinzip und die amerikanischen „Inertie"-Regulatoren.[1])

Soll eine Kraftmaschine, die mit einem üblichen Centrifugalregulator versehen ist, nach plötzlicher Belastungsänderung in einen neuen Beharrungszustand kommen können, d. h. soll die Regulierung „stabil" sein, so muss die Konfiguration des Regulators so beschaffen sein, dass bei zunehmendem Ausschlag desselben auch die Winkelgeschwindigkeit der Regulatorwelle zunimmt, welche bei diesem Ausschlage die zur Erhaltung des Gleichgewichtes erforderliche Centrifugalkraft hervorruft. Würde umgekehrt mit zunehmendem Regulatorausschlag die zum Gleichgewichte erforderliche Winkelgeschwindigkeit abnehmen, so hätte man einen „labilen" Regulator, der einmal aus der Gleichgewichtslage gekommen, nicht mehr in sie zurückkehren könnte, also unbrauchbar ist. Da bei Vollbelastung der Regulatorausschlag am geringsten, bei Leerlauf am grössten ist, so ist somit mit Rücksicht auf die Stabilität der Regulierung im ersteren Falle die Winkelgeschwindigkeit $= W_{min}$, im letzteren $= W_{max}$; die Maschine wird mit zunehmender Belastung ihre Geschwindigkeit, die im Mittel W_0 betrage, stets verringern. $\delta = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_0}$ wird der Ungleichförmigkeitsgrad des Regulators genannt. Er beträgt bei guten Reglern 3 bis 4% von W_0.

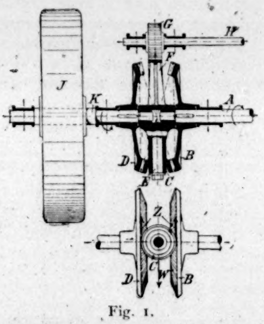


Fig. 1.

Nun haben schon im Jahre 1895 die Brüder Werner & William Siemens ein neues Regulierprinzip angegeben, das durch die Fig. 1 erläutert wird. Die Welle A gehört der Kraftmaschine an, sie steht durch die Kegelräder BCD mit der Welle K in Verbindung. Das Kegelrad C kann sich sowohl um die Spindel E, als auch um die Welle A lose drehen. Die Nabe, auf der die Spindel E festgemacht ist, trägt ein Stirnrad-Segment F, durch dessen Eingriff in das Stirnrad G die Spindel H verdreht und die Steuerung verstellt wird, wodurch die Leistung des Motors in irgend welcher Weise vergrössert oder verkleinert werden kann. Den Hauptbestandteil der Vorrichtung bildet die Schwungmasse J auf der Welle K, die in möglichst reibungsloser Weise gelagert sei. Hält man die Spindel E fest, so überträgt sich die Bewegung von A auf K, und die Winkelgeschwindigkeit von K wird derjenigen von A gleich und entgegengesetzt. Wird nun plötzlich z. B. die Belastung des Motors verringert, so wird, da zunächst der Zufluss des motorischen Stoffes gleichbleibt, die Welle A beschleunigt. Diese Beschleunigung sollte auf J übertragen werden. Die Masse von J setzt ihr aber einen Widerstand entgegen, der sich als doppelter Zahndruck Z auf das Differentialrädchen C überträgt und dadurch eine Drehung des Segmentes F und eine Verstellung der Steuerspindel H so lange hervorruft, bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder gleich derjenigen der Beharrungsmasse J geworden ist.

Während also beim gewöhnlichen Centrifugalregulator erst eine Geschwindigkeitsänderung vorhanden sein muss, um durch die Vergrösserung oder Verringerung der Centrifugalkraft eine Stellkraft zur Änderung der Steuerung hervorzurufen, wird diese Stellkraft hier durch die Beschleunigung oder Verzögerung erzeugt, die gleich im ersten Augenblicke nach der Belastungsänderung auf die Motorenwelle ausgeübt wird, oder genauer durch den Trägheitswiderstand der Beharrungsmasse J, der der Beschleunigung widerstrebt. Sieht man von Reibungswiderständen, die unbedeutend sein mögen, ab, so bleibt die Geschwindigkeit der Maschine nach der Regulierung dieselbe wie vorher. Der Ungleichförmigkeitsgrad δ wird gleich Null.

Die Nachteile der Siemensschen Regulierung bestehen darin, dass die Beharrungsmasse erst künstlich auf die Geschwindigkeit, die sie der Maschine erteilen soll, gebracht werden muss. Wenn die Belastungsänderung so langsam und stetig vor sich geht, dass die durch sie hervorgerufenen Beschleunigungen oder Verzögerungen der Motorenwelle sehr klein werden, so kann der Zahndruck Z so klein sein,

1) Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1899, No. 18 u. 20.

dass er die Reibung des Stellzeugs nicht überwindet und dass somit die Vorrichtung ganz versagt.

In neuerer Zeit werden in Amerika und seit einigen Jahren auch in Deutschland die sogenannten „Inertie-Regulatoren" gebaut, bei denen das Siemenssche Prinzip dadurch ergänzt ist, dass der Beharrungsregler mit einem Centrifugalregulator zu einem einheitlichen Ganzen ver-

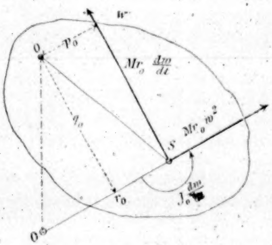


Fig. 2.

bunden wird. In Fig. 2 sei S der Schwerpunkt eines Regulatorpendels von der Masse M, das in O_1 drehbar aufgehängt sei und mit seinem Drehpunkt um die Regulatorwelle O mit der Winkelgeschwindigkeit w sich drehe. Dann entstehen bei den in der Figur eingeschriebenen Bezeichnungen folgende Drehmomente um O_1: infolge der Centrifugalkraft

1) $$M r_0 w^2 q_0,$$

infolge der Trägheitskräfte

2) $$J_0 \frac{dw}{dt},$$

wo J_0 das Trägheitsmoment des Pendels bezogen auf den Schwerpunkt S ist, und

3) $$M r_0 \frac{dw}{dt} p_0.$$

Das Pendel kann somit gleichzeitig als Schwungmasse eines Centrifugalregulators und als Beharrungsmasse in obigem Sinne dienen. Wird nun der Centrifugalkraft im Beharrungszustande der Maschine (wenn w konstant ist) durch die Kraft einer Feder, die etwa im Schwerpunkt S angreift, das Gleichgewicht gehalten, so bleibt der Ausschlag des Pendels unverändert. Tritt infolge von Belastungsänderungen z. B. eine Vergrösserung von w ein, so wird die Centrifugalkraft grösser, als die Federspannung in der bisherigen Lage. Das Pendel ist bestrebt, seinen Ausschlag zu vergrössern. Dieses Bestreben wird aber dadurch unterstützt, dass während der Änderung von w nun auch die oben angeschriebenen Momente der Trägheitskräfte eine Vergrösserung des Ausschlages herbeizuführen suchen. Das Prinzip des Inertie-Regulators ist somit hier grundsätzlich gegeben.

Wird das Gleichgewicht zwischen Kraft und Last an einer Kraftmaschine, die der Herrschaft eines selbstthätigen Regulators überlassen ist, gestört, so entsteht eine mit wechselnden Beschleunigungs- und Verzögerungszuständen verbundene Übergangsperiode, während deren der Regulator den Zufluss des motorischen Stoffes der neuen Grösse des Widerstandes anzupassen bestrebt ist. Die hierbei im Regulatorausschlage auftretenden Schwingungen sollen durch eine Ölbremse derart gedämpft werden, dass der Widerstand, den die letztere in jedem Augenblick der Bewegung des Regulators entgegensetzt, proportional der Geschwindigkeit dieser Bewegung ist. Dann entsteht zunächst die Frage nach dem mathematischen Ausdruck für die Bedingung der Stabilität der Regulierung, d. h. dafür, dass die Regulatorschwingungen allmählich abnehmen und somit eine neue Gleichgewichtslage des Regulators erreicht wird. Bezüglich des Ganges der hierüber von Stodola angestellten Untersuchung muss auf die Arbeit selbst verwiesen werden; hier soll nur das Ergebnis derselben Platz finden.

Es bedeute w_0 die mittlere Winkelgeschwindigkeit der Motorenwelle, M_{max} das Kraftmoment, das bei Vollbelastung von dem motorischen Stoffe auf sie ausgeübt werde, M_0 das auf das Pendel wirkende Moment der Federkraft, das während des ganzen (klein gedachten) Ausschlages des Regulators als konstant angenommen werde. Dann nennt Stodola

T_0 die Anlaufzeit des Motors, d. h. diejenige Zeit, innerhalb welcher die Schwungmassen des Motors durch das Moment M_{max} von o auf die Geschwindigkeit w_0 beschleunigt werden,

$2\,T$ die Fallzeit des Pendels, während welcher dasselbe unter Einwirkung des Momentes M_0 den gesamten Pendelausschlag zurücklegt,

$2\,T'$ die Fallzeit der Bremse, während derer das Pendel gegenüber dem Widerstand der Bremse allein den gesamten Ausschlag zurücklegt, und

$2\,T''$ die Anlaufzeit der Beharrungsmassen, innerhalb welcher die hinsichtlich der Trägheitswirkung gleichwertigen Regulatormassen durch das Moment M_0 von o auf w_0 beschleunigt würden.

Alle diese Zeiten lassen sich, wenn die Anordnung der Maschine und des Regulators gegeben sind, mit Hilfe der Formeln der Dynamik leicht berechnen.

Die Bedingung für die Stabilität der Regulierung lautet dann

$$T'\,(\delta T_0 + T'') \geq T^2.$$

Wie man sieht, kann T' nie $= o$ werden, eine Ölbremse muss immer vorhanden sein (falls nicht andere Arten von Reibungswiderständen dafür eintreten).

Ist $T'' = o$, haben wir also keine Beharrungsmassen und damit einen gewöhnlichen Centrifugalregulutor, so muss auch immer der Ungleichförmigkeitsgrad δ positiv sein. Hat man aber Beharrungsmassen, so bleibt die obige Stabilitätsbedingung noch bestehen, auch wenn wir $\delta = o$ machen, ja selbst wenn δ negativ wird, solange nur $T'' > \delta\, To$ ist. Dies ist der wichtigste Gesichtspunkt zur Beurteilung der Inertie-Regulatoren: Maschinen, die mit ihnen ausgerüstet sind, können also im Vollgang die gleiche Geschwindigkeit besitzen wie im Leerlauf.

Für die Güte des Regulators kommt es nun noch wesentlich darauf an, dass die grösste Geschwindigkeitsänderung der Motorenwelle, die während der Schwankungen vor Erreichung des neuen Beharrungszustandes durch die Laständerung hervorgerufen wird, ein bestimmtes Mass nicht überschreitet. Die Bestimmung der auftretenden grössten Geschwindigkeit w_{max} erheischt die Lösung der Differentialgleichungen der Bewegung, die Stodola nunmehr ausführt.

Es bezeichne Δ die relative Belastungsänderung in Teilen der grössten Belastung, und es werde gesetzt

$$T_z = \sqrt[3]{T_0 T^2}\,,$$

$$X = \frac{T' T_0}{T_z}$$

$$Y = \left(\delta + \frac{T''}{T_0}\right)\frac{T_0}{T_z}$$

und

$$\xi_{max} = \frac{w_{max} - w_0}{w_0}\,;$$

dann findet sich

$$\zeta_{max} = \frac{T_0}{T_z}\cdot\frac{\xi_{max}}{\Delta} = \text{Funktion von } (XY) \text{ allein.}$$

Diese Funktion berechnet Stodola und trägt ζ_{max} zum Gebrauche bei Regulatorkonstruktionen in Funktion von X und Y graphisch auf, so dass ζ_{max} abgegriffen werden kann, wenn X und Y bekannt sind. Da sie nach obigem durch die Anordnung der Kraftmaschine und des Regulators fest gegeben sind, so nennt sie Stodola mit Rücksicht auf eine frühere Arbeit die Wischnegradskyschen Kennzahlen der Regulierung.

Da einerseits die schwierigen dynamischen Probleme, die hier auftreten, von grossem allgemeinen Interesse sind, und da andererseits die Inertie-Regulatoren hauptsächlich zur Regulierung von Kraftmaschinen für elektrischen Lichtbetrieb Verwendung finden, so dürfte ein eingehendes Studium der Stodolaschen Arbeit auch dem Physiker von Wert sein.

E. Meyer.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. **Th. Des Coudres.**

Die Sicherheit des Menschen gegenüber elektrischen Anlagen, ist der Titel eines Vortrages, der auf der 7. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Hannover von Herrn Dr. Huberth Kath am 12. Juli d. J. gehalten, jetzt auch im Drucke[1]) erschienen ist und dessen Inhalt allgemeinerer Beachtung empfohlen werden muss.

Ein Überblick über die Gesamtheit der zur Zeit vorliegenden Erfahrungen führt zu dem Schlusse, dass die heutigen Sicherheitsvorkehrungen allen billigen Anforderungen durchaus genügen: ist doch sämtlichen Behörden einschliesslich dem kaiserlichen Gesundheitsamte die Zahl der Unfälle in elektrischen Anlagen zu gering erschienen, als dass sich deren Zusammenstellung in besonderer Statistik verlohnt hätte.

Auch im Unterrichtslaboratorium wird man sich im wesentlichen an die Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und die dazu von C. L. Weber herausgegebenen Erläuterungen zu halten haben. Sie sind in jüngster Zeit durch die Vorschriften für Mittelspannungsanlagen (Verlag Springer und Oldenbourg) vervollständigt worden. Ist ein gefährlicher Kontakt eingetreten, so kann das Leben des Getroffenen fast immer noch durch künstliche Atmung gerettet werden.[2]) Es darf nie vergessen werden, dass Tötung durch Elektricität aus zwei getrennten Teilen besteht. Zunächst wird meist durch Vagusüberreizung das Atemcentrum, seltener auch das Herz gelähmt. Für letzteren Fall empfiehlt Verfasser neben der künstlichen Atmung die Einatmung von ein bis höchstens drei Tropfen Amylnitrat zur Blutdruckverminderung. D'Arsonval berichtet von einem Monteur, der mehrere Minuten 4500 Volt Wechselstrom von 55 Perioden ausgesetzt war und noch nach einer halben Stunde ins Leben zurückgerufen wurde. Erst wenn Hilfe unterbleibt, tritt später auf sozusagen unelektrischem Wege sekundär der Tod ein. Primär endgültig tödliche Zersetzungen und Zerstörungen im Gebiete des Centralnervensystems, wie sie bei den amerikanischen Hinrichtungen beobachtet werden, dürften bei Unglücksfällen fast als ausgeschlossen gelten können, da man bei den Hinrichtungen etwa acht Ampère bei 1500—1800 Volt längere Zeit anwenden muss, um seinen Zweck mit Sicherheit zu erreichen.

Die praktisch wichtige Frage ist: Unter welchen Umständen hat man das erste, das

1) E.-T. Z. XX, Heft 34 vom 24. August 1899, p. 601—603.
2) vide E.-T. Z. XVI, p. 70, 1895.

Lähmungs- und Betäubungsstadium, zu fürchten? Es zeigt sich, dass es weit mehr auf die Stromstärke, die den Körper passiert, als auf die Spannung ankommt. 0,1 Ampère müssen als unbedingt lebensgefährlich angesehen werden, während 0,03 Ampère im allgemeinen schon unerträglich sind und als gefährliche Stromgrenze angesehen werden können, sofern es sich um Gleichstrom oder die Wechselstromfrequenzen der jetzigen Technik handelt. Daneben ist aber daran zu erinnern, dass es einzelne Personen giebt, bei denen schon unter dem Einflusse sehr viel geringerer Ströme, wie z. B. bei den Strömen der Telephonmessbrücke, Shockwirkungen auftreten. Besonders empfindlich für den Strom scheint Alkoholgenuss zu machen.

Zur Beurteilung der Gefährlichkeit einer Berührung von Teilen gegebener Spannung können folgende Daten dienen: Der Widerstand des Körpers durch die Arme ist auf 500 Ω und der Widerstand der Haut ist bei 1 cm Berührungsfläche auf 50000 Ω zu veranschlagen. Es leuchtet ein, wie viel gefährlicher die Berührung mit einem metallenen Werkzeuge ist, als die Berührung mit einem trockenen Finger, wo 500 Volt z. B. noch vertragen werden könnten. Doch sollte die gleichzeitige Berührung zweier Leitungen verschiedener Spannung unter allen Umständen unterbleiben. Von wesentlich grösserer Bedeutung ist der Fall, dass bei Berührung nur eines Poles der Schluss zum anderen Pole durch die Fussbekleidung und den Fussboden geschieht. Über die Widerstandsverhältnisse unter diesen Umständen hat Redner auf Anregung Gisbert Kapps an einigen besonders charakteristischen Orten selbst Messungen angestellt. In Bureau- und trockenen Wohnräumen war der Schutzwiderstand unmessbar hoch, aber selbst in Fabrikräumlichkeiten, wo Wasserlachen auf dem Boden standen, ging der Widerstand Hand Erde nur in zwei Fällen auf 15000 Ω herunter. Anders in einer Zuckerraffinerie. Hier lagen die beobachteten Widerstandswerte zwischen 900 und 2000 Ω; einseitige Berührung von 100 Volt Spannung hätte schon tödlich wirken können. Der Fall der im Nachtrage zu den Niederspannungsvorschriften vorgesehenen schwierigen Betriebe war gegeben.

Th. Des Coudres.

Astrophysik.

Besorgt von Prof. Dr. L. Ambronn.

Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Photographische Himmelskarte. Band I. 20827 scheinbare rechtwinklige Coordinaten von Sternen bis zur elften Grösse nebst genäherten Örtern für 1900.0. Potsdam, 1899.

Der Plan zur Herstellung einer den ganzen Himmel umfassenden Sternkarte, welchen der internationale Astronomen-Kongress im Mai 1887 zu Paris fasste, wurde alsbald dahin erweitert, dass, entsprechend der grossen Genauigkeit der photographischen Methode, zunächst behufs Positionsbestimmungen Aufnahmen zu machen und auszumessen seien, welche alle Sterne bis zur elften Grössenklasse inkl. enthielten. Der daraus sich ergebende Katalog wird ungefähr drei Millionen Sterne umfassen. Als erste Frucht dieses internationalen Unternehmens liegt oben genannte Publikation vor. Das Astrophysikalische Observatorium zu Potsdam hatte die Bearbeitung der Zone $+32^0$ bis $+39^0$ inkl. übernommen. Jede der dazu erforderlichen 1232 Aufnahmen umfasst ein quadratisches Feld von etwas über 2^0 Seitenlänge und greift dachziegelartig auf ihre vier Nachbarplatten über, so dass jeder Stern auf mindestens zwei Aufnahmen zu finden sein muss. Als Instrument dient der vorzügliche photographische Refraktor von 34 cm Öffnung, die Expositionszeit beträgt 5 Min. Zur leichteren und sicheren Ausmessung der Platten wird vorher auf jede derselben ein Gitter aufkopiert, dessen Striche genau 5 mm gleich 5′ Abstand von einander besitzen. Jeder Stern wird mit Hilfe eines besonderen Messapparats an die benachbarten vier Striche des betreffenden Gitterquadrats angeschlossen. Hierdurch und durch den bekannten Abstand des entsprechend bezeichneten Quadrats von der Plattenmitte erhält man die rechtwinkligen Koordinaten x und y eines jeden Sternes in Bezug auf die Mitte der Platte, ausgedrückt in Gitterintervallen. Die Genauigkeit dieser relativen Positionen ist sehr bedeutend; als wahrscheinlicher Fehler einer Koordinate ergiebt sich $\pm 0.''13$. Da das Gitter sehr nahe nach AR. und D. orientiert und die Plattenmitte genähert leicht zu bestimmen ist, sind aus diesen rechtwinkligen Koordinaten genäherte Äquatorialkoordinaten für 1900.0 berechnet, deren Genauigkeit derjenigen der bekannten „Bonner Durchmusterung" noch etwas überlegen ist, während die Anzahl der Sterne etwa das Zweieinhalbfache beträgt. Der vorliegende Katalog enthält neben der laufenden Nummer zunächst die aus dem Durchmesser des photographischen Sternbildchens gefolgerte Grösse des Sternes, seine genäherten Äquatorialkoordinaten α und δ für 1900.0, die eine sehr schätzenswerte Erweiterung der Bonner Durchmusterung bilden; die genauen rechtwinkligen Koordinaten x und y in Bezug auf die Plattenmitte, die den Kern der Publikation bilden und das Material zu weiterer wissenschaftlicher Bearbeitung bieten, und bei den Sternen, die sich in der B. D. finden, ihre dortige Nummer. Die genaue Reduktion der relativen rechtwinkligen Koordinaten auf abso-

lute äquatoriale ist nicht durchgeführt, einmal weil die zur Berücksichtigung der Schiefe des Gitters gegen AR. und D., der normalen Distorsion infolge der Krümmung der Bildebene und der Refraktion erforderlichen Rechnungen ausserhalb des Arbeitsplanes des Observatoriums lagen, hauptsächlich aber, weil die als Grundlage derselben erforderlichen absoluten Positionen von mindestens drei Sternen für jede Platte in einer der Genauigkeit der photographischen Messungen entsprechenden Sicherheit bislang nicht vorhanden sind. Doch erlauben beigegebene Hilfstafeln jedem Benutzer schnell eine derartige Umwandlung mit einer Genauigkeit vorzunehmen, welche die einer einfachen Meridiankreisbeobachtung erreichen dürfte.

Dr. Clemens.

Results of the photographic observations of the Leonids, November 14—15, 1898, at the Yale College Observatory. By W. Elkin. Astrophys. Journ. X, 1.

In den Nächten des 14. und 15. November 1898 gelang es auf der Sternwarte des Yale College und der damit verbundenen Hamden-Station in zwölfstündiger Expositionszeit 16 Meteore zu photographieren, von denen acht dem Leonidenschwarm angehören. Nach Ausschluss eines, dessen Spur zu kurz war, ergiebt die Messung und Diskussion der Bahnen der übrigen sieben den Radiationspunkt mit beträchtlicher Sicherheit zu $\lambda = 146^{0} 20.5'$, $\beta = + 17^{0} 25.3'$, bezogen auf 1875.0. Die unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 33.25 Jahren daraus abgeleiteten Bahnelemente weichen nicht unbedeutend von den früher von v. Oppolzer berechneten ab, und zwar in Knoten- und Perihellänge im Sinne der von Berberich ermittelten Störungen. — Die eine gleichzeitig auf beiden Stationen photographierte Sternschnuppe giebt für die Höhen des Aufblitzens und Erlöschens 111.2, resp. 98.6 Kilometer. *Dr. Clemens.*

Instrumentenkunde.

Besorgt von Prof. Dr. L. Ambronn.

In den Tagen vom 20.—23. August fand in Jena der X. deutsche Mechanikertag statt. Zur Wahl dieses Ortes hatte besonders die durch Professor Abbe im vorigen Jahre in Göttingen ausgesprochene Einladung Veranlassung gegeben, die zugleich im Namen der Carl Zeissschen und der Schottschen glastechnischen und optisch-mechanischen Betriebe abgegeben war. Dementsprechend nahm neben den mehr geschäftlichen Verhandlungen, welche in den beiden am Montag und Dienstag abgehaltenen Sitzungen zur Sprache kamen, die Besichtigung dieser grossartigen Institute ein ganz hervorragendes Interesse in Anspruch, welches diesen sowohl seitens der Präcisions-Mechaniker von Fach, als auch von den dem Verein der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik angehörenden Physiker und den Vertretern verwandter Wissensgebiete entgegengebracht wurde.

Die auf zwei Tage bemessenen Verhandlungen wurden am 21. August zunächst durch den Vorsitzenden Herrn Dr. Krüss eröffnet. An eine kurze Ansprache schlossen sich die Begrüssungen, welche seitens des Vertreters des weimarischen Kultusministeriums und des Vertreters der Universität, der Herren Geheimräte Vollert und Eucken, den Teilnehmern dargebracht wurden. Von diesen Herren berührte der erstere namentlich das vorzügliche Einvernehmen, welches zwischen den vier Erhalterstaaten der Universität Jena und dem hochherzigen Begründer der Carl Zeissschen Stiftung, welche man fast den fünften Erhalterstaat nennen könne, bestehe, während Herr Geheimrat Eucken auf die Mittel und Wege hinwies, welche durch die Fortschritte der Technik in den Dienst des wissenschaftlichen Forschers gestellt worden sind. Der Oberbürgermeister der Stadt Jena hiess die Versammlung seitens der Bürgerschaft und des Magistrates willkommen.

Hierauf folgte der seitens des Vorsitzenden erstattete Jahresbericht, welcher sich nicht nur auf die Vorkommnisse des letzten Jahres beschränkte, sondern zugleich die Thätigkeit der Gesellschaft für Optik und Mechanik während des verflossenen Decenniums schilderte. Aus demselben dürfte besonders hervorzuheben sein, dass seit der Gründung die Gesellschaft, wie sie ursprünglich aus dem Berliner Verein im Jahre 1889 hervorgegangen, zunächst im Anschluss an die Versammlungen der deutschen Naturforscher und Ärzte, unter dem Namen des Mechanikertages zu einer Generalversammlung der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik geworden ist. Aus der Verteilung der Mitglieder über ganz Deutschland und aus der Anzahl derselben, die in den zehn Jahren von 140 auf 483 gestiegen ist, geht hervor, dass thatsächlich ein sehr grosser Teil der deutschen Präcisionsmechaniker auf diesen Versammlungen vertreten ist. Mehrere Zweigvereine haben sich gebildet, so derjenige zu Hamburg-Altona, zu Ilmenau, welcher die Glastechnik vertritt, und in jüngster Zeit ein solcher zu Göttingen. Überall dürfte ein Zusammenwirken der Mechaniker von Fach mit den Vertretern der in Betracht kommenden Wissenschaften gesichert sein.

In sehr nahen Beziehungen steht die Vereinsleitung mit der Redaktion der Zeitschrift für Instrumentenkunde, welcher neuerdings auch

das im gleichen Verlage erscheinende eigentliche Vereinsblatt beigelegt wird. Ebenso werden seitens der Physikal.-technischen Reichsanstalt und des Normalaichungsamts die Bestrebungen der deutschen Gesellschaft für Optik und Mechanik auf das zuvorkommendste gefördert.

Die Interessen der deutschen Mechaniker wurden auf der Ausstellung zu Chicago durch die Gesellschaft vertreten, und noch intensiver wird dies, wie in einem weiteren Vortrage Herr Professor Westphal hervorhob, auf der kommenden Ausstellung in Paris der Fall sein. Auch um die Einführung eines einheitlichen, des sogenannten Loewenherz-Gewindes und eines systematischen Rohrkalibers hat sich die Gesellschaft grosse Verdienste erworben.

Nachdem Herr Dr. Krüss noch einen kurzen Hinweis auf die Thätigkeit der Gesellschaft bezüglich der Regelung des Gehilfen- und Lehrlingswesens gegeben, gedenkt er der im Laufe der in den zehn Jahren des Bestehens der Gesellschaft durch den Tod entrissenen Mitglieder und im besonderen der Herren P. Doerffel, H. Haensch und L. Loewenherz, von denen namentlich der letztere der D. G. f. Op. u. Mech. schon bei ihrer Gründung die Wege vorzeichnete, auf denen dieselbe zu erspriesslicher Wirksamkeit gelangen könne und auf denen sie heute noch bestrebt ist, das vorgesteckte Ziel zu erreichen.

An diese einleitenden Worte schlossen sich, wie schon erwähnt, die Mitteilungen des Herrn Professor Westphal über den Stand der Vorarbeiten für die Kollektivausstellung der D. G. f. Op. u. Mech. auf der Pariser Weltausstellung, die aber als mehr interner Natur sich eingehender Darlegung an dieser Stelle entziehen.

Durch den verdienstvollen Leiter der Zeissschen Werkstätten, Herrn Professor Abbe, wurde sodann eingehend über die Einsetzung eines Schiedsgerichtes gesprochen, welches geeignet sei, die Standesinteressen der Mitglieder, sowohl in geschäftlicher als auch in moralischer Beziehung wahrzunehmen und zu sichern. Die sofortige Wahl dreier Schiedsmänner war das Resultat der Abbeschen Auseinandersetzungen, ein Zeichen, welche Anerkennung auch die socialen Bestrebungen dieses Gelehrten in den weitesten Kreisen finden.

Durch Herrn Blaschke, dem Geschäftsführer der D. G. f. Op. u. Mech., wurde sodann ein Bericht über den Export der Erzeugnisse deutscher Mechaniker und Optiker gegeben, an den sich der Wunsch anschloss, dass namentlich den Preisverzeichnissen der Deutschen Mechanischen Werkstätten eine etwas grössere und den verschiedenen Verhältnissen des Auslandes Rechnung tragende Aufmerksamkeit zugewendet werden möchte.

Zum Schlusse der ersten Sitzung berichtete Herr Berger von der Firma Carl Zeiss über den Stand der Einführung des einheitlichen Rohrsystems.

Nachmittags fand unter fachmännischer Führung die Besichtigung der mechanischen und optischen Werkstätten des Carl Zeissschen Betriebes statt. Es dürfte auch für den Physiker nicht ohne Interesse sein, einige statistische Mitteilungen über diese Anstalt zu erfahren, und es mag daher aus dem zur Verteilung gelangten kurzen Geschäftsbericht einiges angeführt sein.

Die Firma wurde im Jahre 1846 durch den Ende 1888 verstorbenen Mechaniker Dr. Carl Zeiss gegründet. Gegenwärtig steht derselben, nachdem ihr späterer Inhaber, Professor Abbe, sie in das Eigentum der „Carl Zeiss-Stiftung" übergeführt hatte (1889), eine aus vier Personen bestehende Geschäftsleitung vor (Professor Abbe, Dr. Czapski, M. Fischer und Dr. O. Schott). Als Stiftungskommissar fungiert seitens der grossherzoglichen Staatsregierung der Geh. Regierungsrat M. Vollert. Die Produktion der Firma zerfällt in fünf Hauptabteilungen:

1. Mikroskope und deren Nebenapparate, im besonderen Apparate zur Mikrophotographie. Der Jahresumsatz dieser Abteilung beträgt rund eine Million Mark. Von 1864 bis zum 1. Juli dieses Jahres wurden 79,500 Stück achromatische Objektive und seit 1886 10,900 Stück Apochromate geliefert.

2. Photographische Objektive und mechanisch-optische Hilfsmittel zur Photographie; in den letzten Jahren namentlich die von Dr. Rudolph erfundenen „Anastigmate" und „Planare". Jahresumsatz in den letzten drei Jahren je 5000, 5900 und 7000 Stück im Werte von resp. 465,000, 535,000 und 571,000 Mark.

3. Optische Messinstrumente für technische und wissenschaftliche Zwecke (Refraktometer, Spektrometer, Dilatometer u. s. w.). Dieser unter Dr. Pulfrichs Leitung stehenden Abteilung sind zugleich die Lehr- und Versuchswerkstatt angegliedert. Auch die neuerfundenen Distanzmesser werden dort gebaut.

4. Erdfernrohre, meist binokular mit erhöhter stereoskopischer Wirkung. In den letzten drei Jahren je 4200, 5400, 7500 Stück, im Werte von resp. 548,000, 748,000 und 865,000 Mark.

5. Astronomische Objektive und Montierungen, besonders Objektive mit vermindertem sekundären Spektrum aus neuen Schottschen Glasarten. Diese erst in den letzten zwei Jahren unter der Leitung von Dr. Pauly errichtete Abteilung nimmt fortwährend an Umfang zu.

Der gesamte Jahresumsatz beträgt mehr als 2 Millionen Mark.

Interessant dürften noch die Personalverhältnisse sein. Im feinmechanischen Betrieb sind 338 Personen, im feinoptischen 381 Personen beschäftigt. In den Hilfsbetrieben, Tischlerei, Klempnerei u. s. w. 112; während die Zahl der mit der Verwaltung betrauten Personen 60, der in den Comptoirs Beschäftigten 35 Angestellte beträgt, sind als wissenschaftliche Arbeiter 23 Personen thätig. An Gehalten und Löhnen werden gegenwärtig 1,202,000 Mark bezahlt.

Mit dem grössten Interesse folgten die Teilnehmer den Erläuterungen ihrer Führer, welche überall betreffs der technischen Einrichtungen in diesem Betriebe bereitwilligst Auskunft erteilten, so dass der Rundgang, welcher mehr als zwei Stunden in Anspruch nahm, überaus reiche Belehrung bot.

Ebenso wie dieser Teil der grossen Jenenser Firmen, waren auch die Einrichtungen und Leistungen der Schottschen Glaswerke am nächsten Tage den Mitgliedern des Mechanikertages zugänglich gemacht worden. Namentlich in den Morgenstunden, in denen die Glasöfen und die Bläsereien noch in vollem Betriebe sich befanden, bot sich hier wieder dem Besucher ein weites Feld rastloser Thätigkeit dar, welche durch die Leiter der einzelnen Abteilungen in zuvorkommendster Weise erläutert wurde.

Verdankt die mechanisch-optische Werkstätte mehr dem zweckmässig angewandten mathematischen Kalkül, sowie den Forschungen auf physikalischem Gebiete ihre Leistungsfähigkeit, so tritt in den glastechnischen Werken die Chemie mit ihren der Praxis dienstbar gemachten Errungenschaften mehr in den Vordergrund. Durch die sorgfältigsten Versuche und die Abwägung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der die verschiedenen Glassorten zusammensetzenden Elemente ist es bekanntlich gelungen, jetzt Gläser herzustellen, welche fast jeden innerhalb gegebener Grenzen gewünschten Brechungsindex und die mannigfachsten Dispersionsverhältnisse besitzen, so dass es möglich ist, den optischen Bedingungen der verschiedensten Art zu genügen. Wenn auch nicht jeder Guss gelingt, so waren doch Gläser von unübertroffener Reinheit und von den verschiedensten Dimensionen zu sehen, die ihrer Zusammensetzung nach zu besonderen physikalischen Zwecken dienen, oder zu optischen Linsen bis zum Durchmesser von über 1 1/4 m verwertet werden können. Eine Crownglaslinse von solchen Dimensionen befindet sich gegenwärtig gerade in Politur; sie wird auf der Pariser Weltausstellung voraussichtlich die deutsche Glasindustrie in Gemeinschaft mit anderen Erzeugnissen würdig vertreten.

Die Sitzung am Morgen des 22. August war im wesentlichen geschäftlichen Beratungen der D. G. f. Opt. u. Mech. gewidmet, deren Mitteilung an dieser Stelle wohl von geringerem Interesse sein dürfte. Es soll nur erwähnt sein, dass sie sich auf die oben schon berührten Fragen des Lehrlingswesens bezogen und neben der Anerkennung des Göttinger Zweigvereins die Wahlen zum Vorstand, sowie die Ablegung des Rechnungsberichtes und die Budget-Anträge betrafen. Zum Schluss erfolgte die Wahl des Ortes für die nächste Jahresversammlung, als welcher nach einigen anderen Vorschlägen auf besondere Einladung des Herrn Tesdorpf Stuttgart festgesetzt wurde.

Dass neben den wissenschaftlichen und geschäftlichen Arbeiten des Mechanikertages auch die geselligen Erholungen und Darbietungen nicht zurückstanden, dafür sorgten in ausgezeichneter Weise neben den Angestellten der Zeissschen und Schottschen Werke der Direktor des physikalischen Institutes, Geheimrat Winkelmann, und der Leiter der Sternwarte, Professor O. Knopf, sowie eine Reihe anderer den Bestrebungen des Mechanikertages nahestehender Personen. Ihnen allen ist es gelungen, den Teilnehmern des X. Deutschen Mechanikertages den Aufenthalt in Jena nach jeder Richtung hin zu einem angenehmen, lehrreichen und erspriesslichen zu machen.

L. Ambronn.

Wissenschaftl. Photographie.

Besorgt von Prof. Dr. **R. Abegg.**

Theorie der photographischen Entwickelung und Natur des latenten Bildes.

Abney[1]) hat vor langer Zeit die wichtige Beobachtung gemacht, dass eine halogensilberhaltige Emulsion ohne irgendwelche Belichtung sich entwickeln lässt, 1) wenn sie sich auf einem fertig entwickelten Negativ befindet, 2) wenn sie auf einer belichteten Schicht zugleich mit dieser entwickelt wird. Die Silberausscheidung findet in beiden Fällen an den Stellen der unbelichteten Schicht statt, wo in der anderen Schicht Silber bereits vorhanden ist oder durch Entwickelung des Lichteindrucks entsteht. Die Annahme, dass der direkte Kontakt der Silberteilchen die benachbarten Halogensilberteile der unbelichteten Schicht entwickelungsfähig macht, wird durch einen von Bredig[2]) erdachten, von Eder ausgeführten Gegenversuch bestätigt, in dem die unbelichtete Schicht nicht direkt, sondern erst nach Zwischenlagerung einer halogensilberfreien dünnen Gelatinehaut auf die andere gebracht wird. Die Aufhebung des unmittelbaren Kontakts mit den Silberteilchen der unteren Schicht hebt auch die Entwickel-

1) Phil. Mag. [5] 3, 46. 1877.
2) Eders Jahrbuch 1899.

barkeit der oberen unbelichteten Schicht auf. Schon früher, 1880, hatte Eder eine Entwickelung der unbelichteten Schicht an der Stelle der Berührung mit einem Silberdraht gefunden, neuerdings wird aber die spezifische Wirkung des Silbers ebenfalls von Eder[1]) bei diesem Versuch in Abrede gestellt und die Entwickelung als Folge einer mechanischen Druckwirkung erklärt. Schaum[2]) findet beim Einlagern makroskopischer Silberpartikeln in die Emulsion keine merkliche Reduktion durch den Entwickler in der Umgebung dieser Partikeln, erklärt dieses scheinbare Ausbleiben der spezifischen Silberwirkung jedoch plausiblerweise dadurch, dass die Dimensionsänderungen der Silberpartikeln durch das an ihrer Oberfläche abgeschiedene Silber nur unmerklich gering seien. Dass eine solche Wirkung aber vorhanden ist, beweisen mit Sicherheit Versuche von Abegg und Herzog,[3]) welche in Parallelversuchen Emulsionen teils ohne, teils mit Zusatz von äusserst fein verteiltem „molekularen" Silber der Entwickelung unterwarfen, und stets bei den silberkeimhaltigen Platten ein viel früheres Auftreten des ohne Belichtung sich einstellenden Entwickelungsschleiers konstatierten.

Eine Theorie der Entwickelung von Halogensilberplatten auf Grund der somit bewiesenen Annahme, dass hierfür der Kontakt mit metallischen Silberkeimen massgebend sei, wird dann von Abegg[4]) gegeben: es wird vorausgesetzt, dass bei sonst gleichen Bedingungen die Geschwindigkeit der Halogensilberreduktion proportional der Grösse der metallischen Silberoberflächen, d. h. bei der erfahrungsgemäss gleichen Korngrösse der reduzierten Silberteilchen proportional der Anzahl der an der betreffenden Stelle vorhandenen Silberkeime sei, wenn also bei Beginn der Entwickelung a Silberkeime vorhanden waren, und im Laufe derselben x entstanden, so ist dann die Zunahme dx der Kornzahl in der Zeit dt proportional $a+x$, die Entwickelungsgeschwindigkeit $v = dx/dt = k\,(a+x)$ oder $ln\,\frac{a+x}{a} = k\cdot t$. Da für verschiedene Stellen einer Platte im allgemeinen die Bedingung gilt, dass die Entwickelungsdauer t gleich ist, so ergiebt die Gleichung eine bestimmte Beziehung zwischen der durch Belichtung und nach der Entwickelung vorhandenen Kornzahl, welche nebst einigen anderen Folgerungen mit der Erfahrung in qualitativem Einklang stehen. Quantitative Messungen fehlen noch.

1) Eder, Photogr. Corresp. 1899, Nr. 465.
2) Schaum, Arch. wiss. Phot. 1, 139. 1899.
3) Abegg und Herzog, Arch. wiss. Phot. 1, 114. 1899.
4) Abegg, Arch. wiss. Phot. 1, 109. 1899.

Das Ergebnis, dass die Entwickelbarkeit der Platten an die Gegenwart metallischen Silbers gebunden ist, legt die Vermutung nahe, dass auch das latente Lichtbild selbst aus metallischem Silber besteht. Dies schliesst Abegg[1]) aus der Beobachtung, dass die Entwickelbarkeit einer belichteten Bromsilbergelatine-Platte durch Baden in verdünnter HNO_3 „nahezu verschwindet", indem also sich das Silber aufgelöst habe. Die Annahme, dass das latente Bild aus einem Silbersubhaloid bestehe (welches in HNO_3 unlöslich ist), wird dagegen von Eder[2]) aufrecht erhalten, welcher findet, dass selbst von sehr starker HNO_3 das latente Lichtbild in Collodiumemulsion nicht völlig vernichtet wird. Die Subhaloidtheorie nimmt an, dass der Entwickelungsvorgang dadurch eingeleitet wird, dass durch den Entwickler das Subhaloid in metallisches Silber+Haloid zerfalle, wodurch die Silberkeime für die Entwickelung geliefert werden. Die Vermutung spricht dafür, dass keine der beiden Hypothesen über die Natur des latenten Bildes ausschliesslich richtig sei, da die Versuche die Möglichkeit einer Kombination beider offenbar zulassen.

Die Diskussion über dieses Thema steht augenblicklich im Vordergrund des Interesses der Photochemiker. *Abegg.*

1) Abegg, Arch. wiss. Phot. 1, 15. 1899.
2) Eder, Phot. Corresp. 1899, Nr. 464. S. 276.

BÜCHERBESPRECHUNGEN.

Lehrbuch der Potentialtheorie. Allgemeine Theorie des Potentials und der Potentialfunktionen im Raume von Dr. Arthur Korn. Berlin 1899, bei Dümmler. 415 S. 9 Mk.

Die älteren Lehrbücher der Potentialtheorie, welche, wie die von Dirichlet, Clausius, Fr. Neumann, eine gute Einführung in das Gebiet geben, entsprechen in ihrer Darstellung der höheren Probleme längst nicht mehr den Anforderungen und den Leistungen der Gegenwart, während weitergehende wie die von C. Neumann, Harnack und Poincaré mehr den Charakter von Originalarbeiten haben und dementsprechend in Stoff und Methoden eine gewisse Einseitig-

keit aufweisen. Unter diesen Umständen darf ein neues Lehrbuch der gesamten Potentialtheorie dankbar begrüsst werden, das sich wie das vorliegende die Aufgabe stellt, von den elementarsten Grundlagen ausgehend, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der theoretischen Physik den neueren Forschungen über die Randwertaufgaben gerecht zu werden. Freilich beschränkt sich der Verfasser auf die abstrakte Theorie des Newtonschen Potentials im dreidimensionalen Raume; auf die physikalische Bedeutung der Begriffe und Sätze wird nur hingedeutet, specielle Beispiele werden nicht gegeben.

Nach einigen Hilfssätzen über Kurven- und Flächenintegrale werden in Teil I die vier Arten des Potentials: das Punktpotential, das Kurvenpotential, das Flächenpotential und das Raumpotential durch Summierung oder Integration über den reciproken Abstand zweier Raumpunkte definiert, und ihre Eigenschaften, namentlich die Stetigkeit oder Unstetigkeit der einzelnen Potentiale und ihrer Ableitungen bis zur zweiten Ordnung, sowie die Laplacesche und Poissonsche Differentialgleichung eingehend und oft in origineller Weise entwickelt. Nur will es mir scheinen, als ob den Verf. das an sich anerkennenswerte Bestreben, die Beweise in voller Strenge zu führen und doch schwierigere Konvergenzbetrachtungen mit ε und δ, die dem Physiker so wenig sympathisch sind, nach Möglichkeit zu vermeiden, vielfach zu einer allzu weiten Ausdehnung der rein formalen Rechnung veranlasst hätte. So wird, um nur ein Beispiel anzuführen, auf S. 37 eine allgemeine Identität von fünf Zeilen, die sich nicht ganz mühelos verifizieren lässt, ohne jede nähere Motivierung aufgestellt und hieraus eine Umformung des Flächenpotentials in einen acht Zeilen langen Ausdruck gewonnen, aus dem dann in den folgenden Seiten weitere Formeln entspringen, und das alles zunächst nur, um die Stetigkeit des Flächenpotentials selbst zu beweisen! Ob nicht eine etwas abstraktere Darstellung unter möglichster Beschränkung des Formelapparates, wie sie sich in den meisten älteren Lehrbüchern und u. a. auch bei Picard (Traité d'Anlyse t. I) findet, auch dem Physiker übersichtlicher und verständlicher wäre?

Nachdem nun in Teil II die Betrachtung des Flächenpotentials einer Kugelfläche zu einer gedrängten Theorie der Kugelfunktionen und der nach Kugelfunktionen fortschreitenden Reihenentwickelungen Veranlassung gegeben hat, werden in Teil III die „Potentialfunktionen", d. h. die Lösungen der Laplaceschen Differentialgleichung, welche in einem gegebenen Raumteile mit ihren Ableitungen eindeutig, endlich und stetig sind, in den Vordergrund gestellt, ihre Darstellung durch Flächenpotentiale und ihre Maximums- und Minimumseigenschaften entwickelt. Im Anschluss daran werden die beiden Hauptprobleme der Potentialtheorie, das „elektrostatische" und das „hydrodynamische", d. h. die Bestimmung der Potentialfunktion innerhalb oder ausserhalb einer geschlossenen Fläche, wenn entweder die Werte der Funktion oder ihre normalen Ableitungen auf der Fläche gegeben sind, aufgestellt und für den Fall einer Kugelfläche mit Hilfe von Kugelfunktionen gelöst. Die Lösung dieser beiden Probleme auch für allgemeinere Flächen bildet dann den Gegenstnnd der beiden letzten Teile IV und V („Theorie der allgemeinen Potentialfunktionen") und den Zielpunkt des Werkes überhaupt. Hier stützt sich der Verf. bei der Behandlung des elektrostatischen Problems zunächst auf die Neumannsche „Methode des arithmetischen Mittels" und beweist die Konvergenz des Verfahrens von vornherein schon für den Fall, dass die Fläche nicht wie bei Neumann überall konvex, sondern nur „in Bezug auf einen inneren Punkt konvex" ist, d. h. dass wenigstens durch diesen einen Punkt keine Tangentialebene der stetig gekrümmten Fläche hindurchgeht. Die gewonnenen Resultate werden dann auf den Fall verallgemeinert, wo die gegebenen Randwerte nur „abteilungsweise stetig" sind, und damit ist die Grundlage für die Schwarzsche Methode des „alternierenden Verfahrens" gewonnen. Die Anwendung dieses Verfahrens auf eine endliche Anzahl von Kugelkalotten, welche die gegebene Fläche in geeigneter Weise umschliessen, führt endlich zu dem Satze, dass das elektrostatische Problem für den Innen- oder Aussenraum einer beliebigen, stetig gekrümmten geschlossenen Fläche mittels der Neumannschen Methode und einer endlichen Anzahl Schwarzscher Operationen immer gelöst werden kann. Dagegen wird auf die Poincarésche „balayage"-Methoden, die sich dieser ganzen Gedanken-Entwickelung nicht recht fügt, absichtlich keine Rücksicht genommen. In den letzten Abschnitten wird die Methode des arithmetischen Mittels auf das „hydrodynamische" Problem übertragen, und nach den Methoden von Murphy für beide Probleme der Fall behandelt, wo die Fläche aus mehreren getrennten Teilen besteht; den Schluss bilden einige Bemerkungen über die Modifikationen, die bei mehrfach zusammenhängenden Räumen eintreten müssen.

Die Darstellung ist überall klar und übersichtlich, oft vielleicht etwas breit, die mathematischen Deduktionen werden sorgfältig geführt. Zur Erläuterung dienen 94 Figuren im Text; die Anmerkungen am Schlusse bringen Ergänzungen und Litteraturnachweise; manchem wäre freilich auch ein Sachregister erwünscht gewesen. Alles in allem kann das Werk, das nicht nur eine klare zusammenhängende Darstellung des

überlieferten Stoffes, sondern auch verschiedene selbständige Untersuchungen bringt, dem Mathematiker wie dem Physiker zur Einführung in die höheren mathematischen Methoden der Potentialtheorie durchaus empfohlen werden.

E. Zermelo.

Briefkasten.

1) Wie lässt sich ein etwas blindgewordenes Rowlandsches Plangitter zweckmässig reinigen?

Personalien etc.

Robert M. Friese, Oberingenieur der Elektricitätswerke A.-G. vorm. Schuckert & Cie. in Nürnberg hat einem Ruf als ordentlicher Professor auf den neu errichteten Lehrstuhl für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München Folge geleistet.

Die P.-D. H. Battermann (Astron.) und O. Krigar-Menzel (Physik) in Berlin sind zu Tit.-Prof. ernannt.

In Göttingen hat sich Dr. W. Kaufmann für Physik, Dr. Manchot für Chemie habilitiert.

An Stelle des verstorbenen Dr. H. W. Vogel wurde der bisherige Direktor der optischen Anstalt vorm. Voigtländer u. Sohn in Braunschweig, Dr. Adolf Miethe, als etatsmässiger Professor für Photochemie an die technische Hochschule zu Charlottenburg berufen.

In Halle hat sich Dr. Grassmann für Mathem., Dr. Neumann für Physik habilitiert. In Wien hat sich an der Universität E. Ritter von Schweidler für Physik habilitiert.

Internationaler Kongress für Physik zu Paris vom 6. bis 12. August 1900.

Auf Anregung der Französischen Physikalischen Gesellschaft wird zur Zeit der nächsten Weltausstellung in Paris ein internationaler Kongress für Physik stattfinden. Seine Verhandlungen sollen sich erstrecken auf

a) Definition und Festlegung von Einheiten (Druck, Härteskale, Wärmemenge, Photometrische Grössen, Saccharimetrische Konstanten, Spektralskale, Elektrische Einheiten, soweit solche noch nicht festgesetzt sind, u. s. w.).
b) Bibliographie der Physik.
c) Staatslaboratorien.
d) Besuch der Ausstellung, von Laboratorien und Werkstätten.
e) Vorträge über neue Arbeiten.

Der Preis der Teilnehmerkarte soll 20 Fr. betragen, wofür auch der Bericht über die Verhandlungen geliefert werden wird.

Vorsitzender des Organisationsausschusses ist Prof. A. Cornu, Stellvertreter Prof. L. P. Cailletet, Schriftführer sind: für Frankreich Prof. L. Poincaré, für das Ausland Dr. C. E. Guillaume (Pavillon de Breteuil, Sèvres, S.-et-O.), Mitglieder dieses Ausschusses sind die Herren d'Arsonval, Bassot, Becquerel, Benoît, Bichat, Blondlot, Crova, Joubert, Lippmann, Macé de Lépinay, Mascart, Mathias, Pellat, Potier, Violle.

Der Ausschuss bittet vorläufige Anmeldungen, die in keiner Weise verpflichtend sind, an einen der Schriftführer zu richten.

Vorlesungen des Wintersemesters 1899/00.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimental-Physik I; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium: a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Mechanische Wärmetheorie; Physikalische Technik; Experimental-Physik enc. Kurs. — **Grotrian**: Theorie der Elektricität und des Magnetismus; Elektrotechnik II; Elektrotechnisches Praktikum: a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Niethammer**: Die Vorträge und Übungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik werden später bekannt gegeben. — **Polixa** Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen.

Universität Basel.

E. Hagenbach-Bischoff: Exper.-Physik II (Licht, Wärme, Elektricität) 6; Mass u. Messen i. d. Physik. — **G. Kahlbaum**: Allg. physik. Chemie II, 2; Colloqu. üb. theor. Chemie 3, *g*; physik.-chem. Vollprakt. — **H. Veillon**. Magnet. u. elektr. Messgn.

Universität Bern.

Forster: Experimental-Physik, II. Teil, 6; theoret. Optik, *g*, 1; Repet. der Physik, 2; physik. Praktkm., 4. — **Gruner**: Astrophysik, 1; mathemat. Physik; Anwend. d. Differentialrechng. in d. Physik, 1.

Universität Berlin.

Fock: Einleitung in die Chemie u. Physik 1; Entwickelung der Chemie u. Physik im 19. Jahrhundert 1; chem. Krystallographie 1. — **E. Warburg**: Experimentalphysik 5; mathemat. Ergänzungen zur Experimentalphysik 1, *g*; prakt. Übungen im Laboratorium tägl. — **Pringsheim**: Interferenz u. Polarisation des Lichtes $1\frac{1}{2}$, *g*. — **Neesen**: Fortleitung der elektrischen Energie 2; geometrische Optik 1, *g*. — — **du Bois**: Magnetische und elektrische Messungen 1; absolutes Masssystem 1, *g*. — **Raps**: Anwendungen der Elektricität 1. — **Planck**: Theorie der Wärme 4; mathemat.-physikal. Übungen 1, *g*. — **Wesendonk**: Thermodynamik 1, *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoret. Physik 4; Übungen 1, *g*. — **Weinstein**: Potentialtheorie 3; Hypothesen u. Prinzipien der physikal. u. chem. Wissenschaften 1, *g*. — **Blasius**: Prakt. Übungen im physikal. Laboratorium täglich; Übungen im Anschluss an das physikal. Praktikum 1, *g*; physikal. Kursus für Mediziner $2\frac{1}{2}$. — **v. Bezold**: Allgemeine Meteorologie 2; Wind u. Wetter 1, *g*; Übungen 6; Colloquium 1, *g*. — **Assmann**: Meteorolog. Instrumente und Beobachtungs-Methoden 1. — **Less**: Wärme- u. Regenverhältnisse von Mitteleuropa 1; jeweilige Witterungsvorgänge 1, g. — **Landolt**: Allgem. u. physikal. Chemie 4; prakt. Übungen im Laboratorium tägl.; physikal.-chem. Arbeiten tägl. — **van 't Hoff**: Physikal. Chemie. — **Meyerhoffer**: Lehre vom chem. Gleichgewicht 1; Apparate u. Methoden der physikal. Chemie 1. — **Jahn**: Elektrochemie 4; Einleitung in die theoret. Chemie 1, *g*; physikal.-chem. Arbeiten tägl. — **Förster**: Astronomie mit Übungen 3; Geschichte u. Theorie der naturwissenschaftl. Erkenntnis 2, *g*; Seminar für wissenschaftl. Rechnen. — **Battermann**: Aberration des Lichtes 1, g. — **Marcuse**: Praktische Astronomie 2; Himmelskunde 2; Übungen 2. — **Scheiner**: Populäre Astrophysik 3; Colloquium 1, *g*.

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimental-Physik. Physikalische Übungen. Physikalische Übungen, speciell für Praktikanten d. chem. Laboratorien. Mathemat. Physik. — **Rubens**: Experimental-Physik. Physikalische Übungen. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie. Thermochemie. Einleitung in die Potentialtheorie. — **Grunmach**: Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente. — Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden. — **Kalischer**: Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektricitätslehre. Über elektrische Schwingungen. Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik. — **Slaby**: Wärmemechanik. Elektromechanik. Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding, Roessler u. Klingenberg). — **Strecker**: Elektrotelegraphie — **W. Wedding**: Encyklopädische Elektrotechnik mit Einschluss der Elektrotelegraphie, mit Experimenten. Elektrotechnische Messkunde. — **Servus**: Berechnung von Dynamomaschinen und elektrischen Verteilungsnetzen. Mechanische Wärmetheorie. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren.

— **Klingenberg**: Elektromechanische Konstruktionselemente. Projektierung elektr. Anlagen. — **Roessler**: Wechselstromtechnik. Elektrische Kraftübertragung. — **Fr. Vogel**: Elektrotechnische Berechnungen.

Universität Bonn.

Kayser: Experimental-Physik I. Teil, 5; Laboratorium für Anfänger, 8; Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikal. Colloquium, 2 g. — **Hagenbach**: Spektralanalyse, 2. — **Lorberg**: Theorie der galvanischen Kette, 2; Elektrodynamik, 4. — **Löb**: Physikalische Chemie, 2; Stereochemie, 1 *g*.

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum; Experimentalphysik, Mathematische Physik; Mechanische Wärmetheorie, Grundzüge der Telegraphie und Telephonie. Mathematische Elektricitätslehre. — **Bodländer**: Elektrochemie, Elektrochemisches Praktikum. Physikalische Chemie. Metallurgie. Technische Chemie II. Grundzüge der Chemie. Arbeiten im Laboratorium. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik. Elektrotechnik; Elektrotechnische Konstruktionsübungen. Grundzüge der Elektrochemie. Elektrotechnisches Praktikum, Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium. — **Rellstab**: Elektromagnetismus; Theorie der Wechselströme.

Universität Breslau.

Meyer: Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, *g* 1. Experimental-Physik, zweiter Teil: Elektricität, Magnetismus und Wärme, 3. Theorie der Elasticität, 2. Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (gemeinschaftlich mit Heydweiller), 6. — **Heydweiller**: Die neuere Theorie des Magnetismus und der Elektrodynamik (nach Maxwell und Hertz), 2, *g*, Physikalisches Colloquium, 2. Physikalisches Praktikum, gemeinsam mit O. E. Meyer, dreistündig oder sechsstündig. **Abegg**: Physikalische Chemie II (in elementarer Darstellung), mit Experimenten, 2. Ausgewählte Kapitel der anorganischen und analytischen Chemie (für Fortgeschrittene, 2. Praktisch-chemische Übungen (gemeinschaftlich mit Ladenburg), 45. *g* Anleitung zu den ersten Arbeiten im chemischen Laboratorium, wöchentlich mehrmals. *g* Mathematisch-physikalische Ergänzungen zur Physikalischen Chemie II, nach Bedarf.

Universität Czernowitz.

Handl: Experimental-Physik, 5; Praktisch-physikalische Übungen, 6. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, II. Teil, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*.

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Exp.-Phys. 5; Mech. Wärmetheorie 2; Physik. Prakt. 4 Nachm.; Selbst. phys. Arb. — **Rudolphi**: Einf. i. das phys. Prakt. 1. **Meisel**: Opt. Instr. 2. — **Zeissig**: Exper.-Phys. 4. — **Kittler**: Allgem. Elektrotechnik I u. II je 2; Elektrotechn. Seminar 1; Elektrotechn. Prakt. 4 halbe Tage; Selbst. Arb. a. d. Geb. d. Elektrotechn. f. vorgeschr. Stud. — **Goldschmidt**: Betrieb u. Regelg. v. Elektromotoren 1. — **N. N.**: Elektr. Strassenb. 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie 2; Elektrochem. Colloquium 1; Chem.-techn. u. elektrochem. Prakt. ganze Woche; Chem. Technol. 4; Eisenhüttenkunde 1. — **Vaubel**: Üb. Gas- u. Lösungsgesetze 1; Stereochemie 1.

Technische Hochschule Dresden.

Toepler: Exp.-Physik; Physikal. Praktik. — **Pockels**: Physik. Messkunde II; Meteorologie. — **Krone**: Photographie; Lichtpausen; Mikrophotogr. u. Projektion. — **Hallwachs**: Allgem. Elektrotechnik; Elektr. Centralanlagen; Wechselströme u. Transformatoren; Elektrotechn. Übg.; Gröss. elektrotechn. Specialarb.; Elektrotechn. Übgn. f. Chem. — **Corsepius**: Konstruktion u. Bau v. Dynamomasch.; Entw. v. Dynamomasch.; Elektrische Bahnen. — **Ulbricht**: Telegraphie u. Telephonie. — **Foerster**: Elektrochemie; Grundz. d. neueren chem. Verwandtschaftslehre.

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimental-Physik (Mechanik, Elektricität) (5). Physikal. Praktikum f. Anfänger (2). Physikal. Halbpraktikum (20). Physikal. Vollpraktikum (40). Physikal Colloquium (2) *g*. — **Schmidt**: Experimentale Elektrochemie (2). Populäre Astronomie (1) *g*.

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimental-Physik, 5. — Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 1, *g*. — Physikalisches Praktikum, 3. — Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich. — Physikalisches Colloquium, 2. — **G. Meyer**: Elektrochemie, 1. — Thermodynamik, 2. — Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — Selbständige Arbeiten für Geübtere. — **Zehnder**: Beurlaubt.

Universität Giessen.

Wien: Experimental-Physik, 5; physikalisches Praktikum für Anfänger, 9; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich; physikalisches Colloquium. — **Fromme**: Theoretische Elektrodynamik, 3; Übungen in theoretischer Physik, 1 g; Mathematische Geographie und Elemente der Astronomie, verbunden mit praktischen Übungen, 1. — **Seitz**: Repetitorium der Physik für Mediziner und Pharmaceuten, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, täglich; elektrochemisches Praktikum, täglich; chemisches Praktikum für Mediziner (gemeinschaftlich mit Dr. A. Rohde, I. Assistent); Elektrochemie, theoretisch und experimentell, 2; Chemisches Colloquium, 2.

Universität Göttingen.

Riecke: Experimental-Physik II, 3; Physikal. Übungen 8; Geometrische Optik 1, *g*; Wissenschaftl. Arbeiten 40, *g*. — **Voigt**: Element. Mechanik 3; Kinetische Theorie d. Gase u. Flüssigkeiten 2; Prakt. Übungen im physikal. Institut 4; Wissenschaftl. Untersuchungen f. Vorgeschrittenere 40, *g*; Ausgew. Kapitel d. Wärmelehre im Seminar 1, *g*. — **Nernst**: Theoretische Chemie 3; Physiko-chem. Arbeiten täglich; Physiko-chem. Colloquium 1, *g*; Accumulatoren 1, *g*. — **Des Coudres**: Grundzüge d. Elektrotechnik 1; Elektrotechnisches Praktikum 3. G. Th. Fechner 1, *g*; Elektrotechnische Arbeiten *g*. — **G. Meyer**: Technische Mechanik 2; Technologie m. besond. Berücksichtigung d. Eisenbahnwesens (f. Juristen) 2; Allgem. thermodynam. Praktikum 3; Maschinenlehre 1, *g*; Thermodynam. Praktikum f. Vorgeschrittenere *g*. — **Wiechert**: Elektrodynamik 2; Erdmessung 1; Wetter u. Wettervorhersage 1; Übungen z. Elektrodynamik 1, *g*; Geophysikal. Praktikum *g*. — **Simon**: Elektrische Schwingungen 2; Geschichte d. Physik 1, *g*. — **Coehn**: Physikal. Methoden d. Chemie 2; Elektroanalyse (m. Übungen) 3. **W. Kaufmann**, Gasentladungen 2.

Universität Graz.

Pfaundler: Experimental-Physik, 5. — Physikalische Übungen, 12. — **Wassmuth**: Optik mit specieller Berücksichtigung der elektromagnetischen Lichttheorie, 5. — Seminar für mathematische Physik, 3. — **Subic**: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie, 2. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie, 3. — Physik der Oceane, 1.

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Allgem. und technische Physik I. Kurs: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper; Wärme; Magnetismus, 5. — Allgemeine und technische Physik II. Kurs: Elektricität; Akustik; Optik, 5. — Allgem. Elektrotechnik I. und II. Kurs, 3. — Elektrotechnische Übungen, 7. — **Streintz**: Masse und Messmethoden der Elektrotechnik, 2. — Über Accumulatoren. Theorie und Anwendung, 2.

Universität Greifswald.

Richarz: Entweder Experimental-Physik I oder theoretische Optik, 4. Physikalische Übungen (für Mediziner und Pharmaceuten), 2 u. 6. Leitung selbständiger physikal. Untersuchungen, 6, *g*. Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der

Elektricität und des Magnetismus, 1, *g*. Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten, 2, *g*. — **Schreber**: Ausgewählte Kapitel aus der physik. Chemie, 2. Der osmotische Druck und seine Anwendung zur Molekulargewichtsbestimmung, 1, *g*.

Universität Halle.

Dorn: Theorie der Elasticität, 2 St., *g*. — Experimentalphysik, I. Teil (Mechanik, Akustik, Wärmelehre), 4. — Physikalisches Laboratorium a) für Anfänger, 6; b) für Geübte zu Untersuchungen, den ganzen Tag. — **Schmidt**: Übungen zur Theorie der Wärme, in zu bestimmenden Stunden, *g*. — Mathematische Theorie der Wärme, 3. — Elektrotechnik (für Studierende). — **Roloff**: Die physikalischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2. — Thermodynamische Behandlung chemischer Vorgänge, 1.

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimental-Physik 4. — Arbeiten im Laboratorium der Physik 8. — **Paschen**: Praktische Physik 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik 2. — Theoretische Elektrotechnik I, 4. — Entw. von Dynamomasch. u. Transformatoren 2. — Elektrotechnisches Laboratorium I, 4. — Elektrotechnisches Laboratorium II, 20. — Elektrotechnisches Laboratorium f. Masch.-Ing. 4. — **Heim**: Elektrische Anlagen und Betriebe I, 3. — Übung. — Elektrotechnische Messungen I, 2. — Grundzüge der technischen Elektrolyse 2. — Elektrolytische Übungen 4. — **Thiermann**: Elektrotechnische Messungen II. Elektrotechnische Messinstrumente. — **Franke**: Elektrotechnisches Colloquium.

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimental-Physik (allgemeine Physik, Wärme, Akustik), 5. — Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftl. Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, an den ersten fünf Wochentagen. — Physikalisches Praktikum, 4. — **Horstmann**: Thermochemie, 2. — Physikalisch-chemische Theorien, 2. — **Precht**: Elektrische Schwingungen und Elektrooptik, 2. — Photographische Übungen (für Studierende aller Fakultäten), 2, *g*. — Anleitung zu wissenschaftlichen photographischen Arbeiten, *g*. — **F. Eisenlohr**: Theoretische Optik, 4. — Differential- und Integralrechnung, 5. — Über das Potential, 2.

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik (Optik und Wärmetheorie), 5. — Seminar für mathematische Physik, 1, *g*. — **Radakovic**: Galvanometrie, 2. — **Klemencic**: Experimentalphysik (Mechanik, Wärme, Magnetismus und Elektricität), 5. — Ausführlicher Unterricht über einzelne Teile der Experimentalphysik, verbunden mit praktischen Übungen, 6. — Praktische Anleitung zu physikalischen Untersuchungen, täglich, *g*. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und ihre Verwertung für die Praxis, 2. — **Hammerl**: Liest nicht. — **Czermak**: Spektralanalyse und deren Anwendung auf die Gestirne, 2. — Klimatologie, 2. — Meteorologische Übungen, 1 — **Hopfgartner**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — Grundzüge der Elektrochemie, 1.

Universität Jena.

Winkelmann: 1. Experimental-Physik II (Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektricität) (5); 2. Physikal. Praktikum, a. für Physiker (6); b. für Chemiker mit Straubel (4); 3. Physikalische Specialuntersuchungen (tägl.); 4. Repetitorium für Mediziner u. Pharmaceuten (1, *g*). — **Schaeffer**: 1. Physikal. Repetitorium und Examinatorium (2). — **Auerbach**: 1. Theorie der Elektricität und des Magnetismus (4); 2. Übungen hierzu (2, *g*); 3. Das absolute Masssystem (1). — **Straubel**: 1. Grundzüge der Elektrotechnik (4); 2. Physikalisches Praktikum für Chemiker mit Winkelmann. — **Duden**: Grundzüge der modernen Elektrochemie (2).

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimental-Physik 4. Physikal. Praktikum Üb. 6. Molekularphysik 1. — **Meidinger**: Heizung und Ventilation 2. Dynamomaschine mit Rücksicht auf ihre Verwendung 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde 2. — Theoretische Elektricitätslehre 3. Elementarmechanik 2. — **Teichmüller**: Elektrotechnische Messkunde 2. Elektrische Leitungen 2, Üb. 2. — **Mie**: Physikalische Messungen, privatim 2. Moderne Anschauungen über Elektricität, priv. 2. — **Rasch**: Elektrische Bahnen 2. — **Seltsam**: Telegraphie und Fernsprechwesen 2. — **Arnold**: Gleichstromtechnik 2. Wechselstromtechnik 4. Elektrotechnisches Colloquium. Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate 4. Elektrotechnischer Vortragscyklus (mit Schleiermacher und Teichmüller) 1. Elektrotechnisches Laboratorium I. Üb. 6, II. Üb. 9. — **Luggin**: Physikalische Chemie 2, Üb. 2. Elektrochemische Übungen (gemeinsam mit Haber) 3. — **Schmidt**: Theorie der Photographie 2. Photographische Übungen 8.

Universität Kiel.

Karsten: Physikal. Colloquium (zus. m. Weber), in zu bestimmenden Stunden, *g*. — **Weber**: Elektrodynamik, 3. Physikal. Technologie mit bes. Berücksichtigung des Eisenbahnwesens (für Juristen), 2. Physikal. Masseinheiten, 1, *g*. Leit. ausgew. physikal. Messungen u. Untersuchungen, 36. Physikal. Colloquium gemeins. m. Karsten, 2, *g*. — **Lenard**: Experimentalphysik (Allgem. Physik, Akustik, Wärmelehre), 4. Physikal. Praktikum f. Anfänger, zugl. f. Chemiker, Mediziner, Pharmaceuten, 7. Physikal. Untersuchungen f. Fortgeschrittene, 35. Besprechungen physikal. Fragen, 1, *g*.

Universität Königsberg.

Pape: Ausgewählte Teile der Thermometrie und Calorimetrie, 1 g. Experimental-Physik, II. Teil (Elektricität und Magnetismus, Akustik, Optik), 5. Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 g. Theorie der Wärme, 4. Praktische Übungen und Arbeiten im mathematisch-physikalischen Laboratorium, für Anfänger und Vorgerückte, 4. — **Löwenherz**: Physikalische Chemie, I. Teil: Stöchiometrie, 2.

Universität Leipzig.

Wiener: Experimental-Physik (Licht, Magnetismus, Elektricität), 5. Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, mit Drude, ganztäg. Physikalisches Halbpraktikum. Physikalisches Colloquium, 2 g. — **Drude**: Theorie der Elektricität und des Magnetismus, 4. Selbständ. physikal. Arbeiten für Vorgeschrittene mit Wiener, ganztäg. — **Wiedeburg**: Strahlungserscheinungen, 2. Elektrische Messungen, 1. — **von Oettingen**: Harmonielehre auf akustischer Grundlage, 1. Perspektive auf synthetisch geometrischer Grundlage, 1. — **Ostwald**: Allgem. und physikal. Chemie, 2. Chem. Praktikum, ganz- und halbtägig. Im Anschlusse an dieses: Übungen in der Anstellung von Schulversuchen für Lehrer, gemeinsam m. Wagner, ganztäg. Physikal.-chem. Praktikum, ganztägig. Besprechung wissenschaftl. Arbeiten, 1, g. — **Le Blanc**: Beurlaubt. — **Knoblauch**: Elektrochemie, 2.

Universität Marburg.

Melde: Experimental-Physik II (Elektricität, Magnetismus und Wärme), 5; Repetit. u. Examinat über Experimental-Physik, 1; Prakt.-physikal. Übgn. mit Feussner, 12. — **Feussner**: Theoretische Physik (Elektricität und Magnetismus), 4. — Interferenz des Lichts, theoritisch und experimentell, 1. — Physikalisches Praktikum (mit Melde). — **Schaum**: Physikal. Chemie, 3; Besprechg. neuerer Arbeiten 1.

Universität München.

v. Lommel, welcher am 19. Juni 1899 starb, hatte angekündigt: 1) Experimental-Physik, I. Teil; 2) physikalisches Praktikum; 3) Anleitung zu physikalischen Arbeiten; 4) physikalisches Seminar. (Für Stellvertretung wird gesorgt werden.) — **Graetz**: 1) Theorie der Elektricität und des Magnetismus; 2) physikalisches Praktikum; 3) theoretische Akustik. — **Donle**: Physikalische Masse und Messmethoden. — **Korn**:

1) Kinetische Gastheorie; 2) Variationsrechnung, mit Rücksicht auf die Anforderungen der theoretischen Physik. — **Vikt. Rothmund**: Elektrochemie.

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimental-Physik (Mechanik, Akustik, Wärme, Reibungs-, Berührungs- und Thermo-Elektricität), 6; physikalisches Praktikum, 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen 48. — **Burmester**: Geometrisch-optische Täuschungen 1. — **Fischer**: Das Ohmsche Gesetz und seine Erweiterungen 2 V. und 1 U. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie (Technische Thermodynamik) 3. — **Emden**: Mechanische Wärmetheorie (in historischer Darstellung) 4. — **E. Voit**: Grundzüge der Elektrotechnik 2. — Allgemeine Elektrotechnik 3. — Telegraphie und Telephonie 2. — Elektrotechnisches Praktikum (mit Friese) 4—8. — Angewandte Physik (Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter), 3. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übungen für Vorgeschrittene. — **Friese**: Elektrische Centralanlagen, 2. — **Heinke**: Ausgewählte Kapitel der Wechselstromtechnik, 2. — **Günther**: Mathematische und physikalische Erdkunde, 4.

Akademie Münster.

Hittorf wird keine Vorlesungen halten. — **Ketteler**: Experimental-Physik, 2. Hälfte (Akustik, Optik, Magnetismus, Elektricität), 4. Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, 8. *Elemente der theoretischen Physik, 2. Teil (Theorie der Wärme und der Elasticität), 2.

Universität Prag.

Lecher: Experimental-Physik I. mit besonderer Berücksichtigung der Mediziner, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g.* — **v. Geitler**: Physik. Praktikum, 4; Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Absolutes Masssystem, 1. — **Jaumann**: Experimental-Physik für Anfänger mit besonderer Berücksichtigung der Pharmaceuten, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen für Vorgeschrittene, *g.* — **Lippich**: Theoretische Mechanik, 3; Theorie der Capillarität, 2; Mathemat. Seminar, 2, *g.* — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie, 2.

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimental-Physik, II. Teil (5). Geometrische Optik (2). Physikal. Seminar und Colloquium (2). Praktisch-physikal. Übungen für Mediziner, Chemiker und Pharmaceuten (24). Grosses physikal. Praktikum für Geübtere. — **Wachsmuth**: Potentialtheorie (3). — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre (2). Elektrochemisches Praktikum (3).

Universität Strassburg.

Braun: Experimental-Physik, II. Teil (Akustik, Wärme, Elektricität), 5. — Physikalische Übungen. — Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — Physikalisches Colloquium, 2, *g.* — **Cohn**: Elemente der theoretischen Physik, 2. — Theorie des Lichts, 2. — **Wislicenus**: Geometrische Optik, 1. — Anweisung zu den einfachsten kalendarischen Rechnungen, 1. — Die Grundlehren der Astronomie in gemeinverständlicher Darstellung, 1, *g.* — **Cantor**: Physikalische Chemie, 1.

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimental-Physik. Theoretische Physik. Meteorologie. Physikalisches Praktikum. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie. Repetitorium der anorganischen Chemie. Chemisch-physikalisches Colloquium. — **Dietrich**: Allgemeine und specielle Elektrotechnik. Übungen im elektrotechnischen Laboratorium. — **Rupp**: Elektrotechnische Messkunde und Litteratur.

Universität Tübingen.

Oberbeck: Experimental-Physik (Akustik, Wärme, Elektricität), 5. Physikalische Übungen für Anfänger, 4. Leitung selbständiger Untersuchungen, täglich. Physikalisches Colloquium, 2. — **Waitz**: Theorie des Lichts, 3. Übungen dazu, 2. Meteorologie, 1. Repetitorium der Experimental-Physik, 2. — **Paul**: Physikalische Chemie, 2. Pharmaceutische Chemie (organisch), 2. Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. Elektrochemisches Praktikum, 3.

Universität Wien.

v. Lang: Experimental-Physik, I. Teil, 5. — **Boltzmann**: Theorie des Magnetismus und der Elektricität, 5. Unterseminar, *g.* Oberseminar, *g.* Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im physikal. Inst., *g.* — **Exner**: Experimental-Physik, 5. Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 4. Physikalische Übungen für Vorgeschrittene. Physikalisches Konversatorium, *g.* — **Mach**: Die Entwickelung der Mechanik, erkenntniskritisch erörtert, 2. — **Jäger**: Mechanik, 5. — **Moser**: Experimental-Physik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektricität und Optik), 3. Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und Philosophie, 2. Elektricität für Mediziner, 5 wöchentl. Kurse. — **Tuma**: Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten für Lehramtskandidaten aus dem Gebiete des Magnetismus und der Elektricitätslehre, 4. — **Lampa**: Repetitorium der Experimental-Physik, I. Teil, 2. Hydrodynamik (Wirbelbewegung), 1. — **Pernter**: Klimatologie, 3. — **Trabert**: Wettervorhersage, 1.

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, Einleitung. Wärmelehre. Magnetismus. Elektricität. Wellenbewegung, 5. — Optik für die Hörer des geodätischen Kurses, 2. Physik für Chemiker, 2. Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Tuma**: Übungen in der Auflösung physikalisch-technischer Rechenbeispiele, 2. — **Unbesetzt**: a) Vorträge über Elektrotechnik, 3. b) Praktische Übungen und Untersuchungen. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 2. — Projektierung elektrischer Anlagen, 1. — **Reithoffer**: Elektromotoren und elektrische Kraftübertragung, 2. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1. Photographisches Praktikum (mit besonderer Berücksichtigung der Photogrammetrie), 4.

Universität Würzburg.

Röntgen: 1) Experimental-Physik, I. Teil (Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, I. Teil), wöchentlich 5stündig (privatim); 2) Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium, wöchentlich 4- resp. 10stündig, täglich (privatissime); 3) Anleitung zu selbständigen Arbeiten, täglich (privatissime); 4) Physikalisches Colloquium, wöchentlich 2stündig (privatissime et gratis). — **Zehnder**: Theorie der Wärme.

Universität Zürich.

Kleiner: Exp.-Physik, 5; Theor. Physik, 2; Übersicht d. Strahlerschg. 1; Physik. Prkt. f. Anf., 1/2 T.; Prkt. f. Vrgkt. tgl. — **Schall**: Physik. Chem., 2.

Technische Hochschule Zürich.

Weber: Physik; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren; System der absoluten elektrischen Messungen; elektrotechnisches Laboratorium; wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien; Untersuchungen von Wechselströmen und Wechselstrommotoren. — **Pernet**: Physik, II. Teil; Anleitung zum physikalischen Praktikum; physikalisches Praktikum für Anfänger; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im physikalischen Laboratorium. — **Constam**: Physikalische Chemie. — **Lorenz** und **Constam**: Thermochemisches Praktikum; physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere. — **Lorenz**: Allgemeine Elektrochemie; chemische Dynamik; elektrochemisches Praktikum für Vorgerücktere.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.